

TELEMETRISCHE UNTERSUCHUNG
ZUM BLUTDRUCKVERHALTEN HOCHDRUCKKRANKER
UNTER KLINISCHEN ALLTAGSBEDINGUNGEN
AN ZWEIFINHALB AUFEINANDERFOLGENDEN TAGEN

ROBERT B. MÜLLER

1976

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der I. Medizinischen Klinik und Poliklinik der Johannes
Gutenberg-Universität Mainz (Direktor: Prof. Dr. H.P. Wolff)

TELEMETRISCHE UNTERSUCHUNG ZUM BLUTDRUCKVERHALTEN
HOCHDRUCKKRANKER UNTER KLINISCHEN ALLTAGSBEDIN-
GUNGEN AN ZWEIFEINHALB AUF EINANDERFOLGENDEN TAGEN

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen
vorgelegt von

ROBERT B. MÜLLER
Biebertal/Wetzlar

Mainz 1976

Fachbereichsdekan: Professor Dr.med. E.Straub

Referent: Professor Dr.med. H.P.Wolff

Korreferent: Professor Dr.med. H.Spitzbarth

Tag der mündlichen
Prüfung:

14.12.1976

Gesamtherstellung



DITTERS BÜRODIENST

6501 HEIDESHEIM/RHEIN

AM KAPELLCHEN I · RUF 06132/57 11



<u>1. Einleitung</u>	1
1.1. Blutdruckvariabilität	2
1.1.1. Emotionelle Einflüsse	3
1.1.2. Tageszeitliche Schwankungen	5
1.1.3. Einflüsse durch Lagewechsel und körperliche Aktivität	9
1.2. Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse von Tag zu Tag	19
<u>2. Problemstellung</u>	23
<u>3. Methode und Patientengut</u>	25
3.1. Mikrokatheter-Blutdrucktelemetrie	25
3.1.1. Patientenseitiger Teil	26
3.1.2. Empfangs- und Registriereinheit	28
3.2. Unbehandelte Patienten mit essentieller Hypertonie	30
3.3. Untersuchungsablauf	32
3.4. Auswertung der Kurven; Statistik	34
<u>4. Ergebnisse</u>	38
4.1. Ruheblutdruck von Tag zu Tag	38
4.2. Belastungsreaktion von Tag zu Tag	41
<u>5. Diskussion</u>	45
5.1. Methode und Patientengut	45
5.2. Reproduzierbarkeit der Ruheblutdrucke von Tag zu Tag	47
5.3. Reproduzierbarkeit der Belastungsblutdrucke von Tag zu Tag	54
<u>6. Zusammenfassung</u>	57
<u>7. Literatur</u>	60

1. Einleitung

Die Messung des arteriellen Blutdruckes ist heute routinemäßiger Bestandteil der körperlichen Befunderhebung bei jedem Patienten. Als zweckmäßige Methode kommt unverändert die bereits um die Jahrhundertwende eingeführte indirekte, unblutige Messung nach RIVA-ROCCI (73), VON RECKLINGHAUSEN (70) und KOROTKOV (52) zur Anwendung.

Die klinische Wertigkeit des Gelegenheits-Blutdruckes ("casual blood pressure"), in der Arztpraxis oder im Krankenhaus gemessen, ist häufig schwer abzuwägen (1,2,9,25,31,32,44,81). Zur Standardisierung und Reproduzierbarkeit einer Einzelmessung wurden zahlreiche Methoden vorgeschlagen: der "basal blood pressure" (1), der Blutdruck nach "cold pressure test" und nach "breath-holding test" (8), der Blutdruck nach "acute emotional stress" (23) oder nach dem "stressful interview" (63). Nach SMIRK (84) wurde unter klinischen, definierten Bedingungen der Basalblutdruck gemessen, MEESMANN (58) bestimmte den Basisblutdruck unter Praxisbedingungen als "Entspannungswert".

Zurückgehend auf AYMAN (9) wird heute die Methode der Selbstmessung vielfach eingesetzt; in häuslicher Umgebung mißt der Patient Werte, die der tatsächlichen Blutdruckbelastung eher entsprechen als gelegentlich ärztlicherseits erhobene Daten (45,69).

Aus der Erkenntnis (97) heraus, daß der einmal täglich gemessene Blutdruck kein statischer Wert ist und von vielen Faktoren ständig beeinflußt wird, wurden verschiedene di-

rekte (blutige) und indirekte (unblutige), halbautomatische und vollautomatische Meßmethoden entwickelt, um die ständigen Blutdruckschwankungen zu erfassen.

Hiermit wurden wesentliche neue Erkenntnisse über den "Risikofaktor Hypertonie" (43) gewonnen, die in einer Zeit ständig zunehmender Herz- und Kreislauferkrankungen in allen zivilisierten Ländern zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Mit der von uns eingeführten Methode der Mikro-Katheter-Blutdrucktelemetrie (54) als intraarterieller, vollautomatischer Meßmethode lassen sich die Blutdrucke mit exakter zeitlicher Auflösung unter Alltagsbedingungen messen, unter Belastung wie im natürlichen Schlaf, ohne nennenswerte Einschränkung der Bewegungsfreiheit des Patienten und ohne "störenden Beobachter".

1.1. Blutdruckvariabilität:

Die Blutdruckschwankungen im Tagesverlauf stehen in unmittelbarer Abhängigkeit von Vigilanz, psychischer und physischer Belastung, Körperhaltung und Tageszeit. Zusätzlich können verschiedene physiologische Abläufe wirksam werden.

Eine besondere Form stellen die schnellen Schwankungen geringer Amplitudenänderung dar, die zuverlässig nur mit der hohen zeitlichen Auflösung der direkten Messung zu erfassen sind (82) (s. auch Abb. 9, hierauf soll nicht weiter eingegangen werden).

1.1.1. Emotionelle Einflüsse:

1898 fand HILL (37) mit dem von ihm ein Jahr zuvor beschriebenen Sphygmometer (38) unter 20 Messungen im Tagesverlauf eines Patienten die höchsten arteriellen Mitteldrucke bei "engaged in discussion and excited" mit 130 -140 mmHg, bei "reading an exciting book at a great rate" betrug der Druck 125 mmHg; die niedrigsten Werte wurden bei "warm and drowsy in bed" mit 95 mmHg gemessen.

ZABEL (97) berichtet über ein "besonders markantes Beispiel": "Einen cand. theol. ließen wir im Verlauf einer Blutdruckmessung das Produkt von 17 x 18 ausrechnen, wir fanden eine Steigerung des systolischen Druckes von 28 cm Wasser, die Übersetzung einiger Zeilen aus Caesars de bello gallico ließ keine deutliche Erhöhung erkennen. Bei einem jungen Kaufmann, der durch Kopfrechnen sein tägliches Brot erwarb, blieb auch bei schwierigeren Rechenaufgaben der Blutdruck niedrig, stieg dagegen sofort um 22 cm bei dem allerdings mißlingenden Versuch der Übersetzung".

ADDIS (1) verglich 1922 u.a. 27 nicht aufgeregte Soldaten mit 27 Soldaten, die Angst hatten, die Untersuchung könne dienstliche Folgen haben. Bei letzteren war der systolische Druck um 32 mmHg, diastolisch um 10 mmHg höher.

Die psychische Belastung der Meßsituation selbst ist verantwortlich für die hohen Werte zu Beginn einer Meßserie. DIEHL und LEES (28) erhoben bei 100 gesunden Studienanfängern in fünfminütigen Abständen 12 Werte; der Mittelwert der einzelnen Standardabweichungen betrug 5,2 mmHg bei einer

Schwankungsbreite von 16,0 mmHg; bei Ausklammerung der ersten beiden Messungen waren die entsprechenden Werte 3,7 und 12,0 mmHg. 84 von 100 zeigten die höchsten Werte bei den ersten drei Messungen. Die niedrigsten Werte wurden nach 40 Minuten gemessen.

Mit einer automatischen, indirekten Blutdruckmessung konnten RICHARDSON und Mitarb. (71) bei bloßem Hinzukommen des Arztes bei 2 von 8 Blutdruckgesunden einen systolischen Druckanstieg um 10 und 12 mmHg feststellen; bei 9 von 15 Patienten mit systolischen Drucken zwischen 136 und 198 mmHg betrug der Anstieg zwischen 20 und 42 mmHg systolisch.

Eine psychische Belastung ist auch die stationäre Aufnahme in die Klinik: MOELLER und HEYDER (63) fanden bei 86 % aller Patienten mit labiler Blutdrucksteigerung in den ersten Tagen eine Blutdruckerhöhung, bei 2/3 dieses Kollektivs allerdings höchstens über 2 Tage feststellbar. SARRE (75) weist auf den Blutdruckabfall bei 180 Hypertonikern in den ersten drei Tagen hin; so wurde am Aufnahmetag z.B. bei malignen essentiellen Hypertonien ein mittlerer Blutdruck von 227/140 mmHg gemessen, am 3. Tag nur 211/127 mmHg. Nach GELINOV (33) sollte erst nach einer "Vorperiode" von 7 - 14 Tagen die endgültige Beurteilung des individuellen Blutdruckniveaus erfolgen.

Bei Messungen durch den Patienten selbst in häuslicher Umgebung lagen nach AYMAN und GOLDSHINE (9) bei 30 % der 34 Hypertoniker aller Grade der systolische Druck um 40 mmHg oder mehr und in 24 % der Fälle der diastolische Druck um 20 mmHg oder mehr unter den in der Klinik erhobenen Daten im gleichen Zeitraum. BOCK (19) berichtet in Einzelfällen von noch grö-

berer Unterschieden, CONWAY und HOOBLER (26) fanden hingegen bei einem größeren Kollektiv Differenzen von systolisch 24 und diastolisch 14 mmHg im Vergleich häuslicher Selbstmessung zum Klinikswert.

Unter der emotionalen Belastung eines "screening test" beobachteten RICHTER-HEINRICH und Mitarb. (72) signifikant stärkere Reaktionen des systolischen Blutdruckes bei Hypertonikern gegenüber Normo- und Hypotonikern.

In einer Untersuchung über die "Situationshypertonie" stellt v.UEXKÜLL (90) die Bedeutsamkeit der "Reagibilität der Persönlichkeit" über die der "Reagibilität des Gefäßsystems", er beobachtete Blutdrucksteigerungen bei Außenweltreizen und bei Gesprächen über emotional bewegende Themen.

STIEGLITZ (87) stuft die "emotional hypertension" als Ausgangslage späterer manifester Hypertonie ein, als "potential hypertension", er behandelt entsprechend mit Sedativa und unter Umständen Antidepressiva.

1.1.2. Tageszeitliche Schwankungen:

Bereits aus der Pionierzeit der Blutdruckmessung stammt ein Hinweis auf periodische Schwankung des Blutdrucks. ZADEK (98), der den Sphygmomanometer nach BASCH (15) auf Brauchbarkeit prüfte, stellte fest, daß seine ursprüngliche Annahme, "daß der Blutdruck eines gesunden Menschen eine ziemlich constante Größe ist", korrekturbedürftig war: "Als ich anfang, bei derselben Person Messungen zu verschiedenen Zeiten vorzunehmen, war es mir aufgefallen, daß ich in vielen

Fällen die erwartete Übereinstimmung in den Resultaten nicht erhielt." Der Blutdruck "erhebt sich im Laufe des Nachmittags - - und sinkt in den meisten Fällen bereits gegen Abend. Die Steigerung beträgt gewöhnlich 8 - 15 Mm. Hg..."

HILL (37) stellte 1898 durch Selbstmessung einen Anstieg des arteriellen Mitteldruckes gegen Spätnachmittag um etwa 10 mmHg fest; er führt diesen Anstieg auf die physische und psychische Belastung des Arbeitstages zurück, erwähnt aber gleichzeitig ohne weiteren Kommentar, daß am Feiertag der gleiche Anstieg zu beobachten sei, und zwar von einem niedrigeren Ausgangsblutdruck.

BROOKS und CAROLL (24) nahmen ihre Messungen vor "in each case between 4 and 5 p.m., for, as we have shown, the time of the day, at least in its relation to rhythmic sleep, is an important matter ...". 68 Patienten mit einem mittleren systolischen Druck von 142,5 mmHg zeigten eine und zwei Stunden nach Schlafbeginn einen durchschnittlichen Abfall von 24 mmHg, drei Stunden nach dem morgendlichen Wecken noch 12 mmHg weniger, "and from this time during the day the pressure gradually rose until the mean afternoon level was again reached, between 4 and 5 o'clock". Bei 29 Hypertonikern mit einem mittleren systolischen Druck von 204,5 mmHg waren die entsprechenden Werte 44,8 und 22,8 mmHg.

FAHRENKAMP (29) untersuchte 84 Hypertoniker, unterteilt in "essentielle Hypertonie", "hypertonische Arteriosklerose" und "Hypertonie mit arteriosklerotischer Schrumpfniere". Er fand bei der ersten Gruppe Tagesschwankungen bis 53 %

(entsprechend 70 mmHg), wobei "die Kurve... immer die niedrigen Blutdrucke am frühen Morgen (8 - 9 Uhr) zeigte", "Werte, die oft den normalen Blutdruck nicht oder nur mäßig übersteigen". Bei der zweiten Gruppe ist "im ganzen der Blutdruck stark erhöht und der Unterschied zwischen Morgen- und Abendmessungen anfangs nicht sehr groß (z.B. 20 - 30 mmHg = 20 % im Mittel, manchmal auch weniger)". Die Mittelwertkurve der dritten Gruppe "verläuft die ersten zehn Tage gradlinig und läßt jegliche Tagesschwankung des bei 220 mmHg fixierten Blutdruckes vermissen; alsdann setzt unvermittelt ein starkes Schwanken (bis zu 50 mmHg am Tage) ein, ohne daß das Niveau der Abendkurve sinkt."

MUELLER und BROWN (67) maßen über 24 Stunden stündlich den Blutdruck bei 61 Patienten mit essentieller Hypertonie. Die höchsten Blutdrucke wurden erreicht gegen 18 Uhr, die niedrigsten zwischen 3 und 4 Uhr morgens. Weitere, jedoch niedrigere Spitzenwerte traten gegen 12 und 15 Uhr auf. Bei einer Kontrollgruppe von 26 Normotonikern verschoben sich bei sonst gleicher Periodik und niedrigerem Niveau das 12-Uhr-Maximum auf 9 Uhr und das 15-Uhr-Maximum der Hypertoniker auf 13 Uhr.

Bestätigt wurde diese Verteilung der Minima und Maxima durch MENZEL (62), der 88 Hypertoniker verschiedener Schweregrade bei Bettruhe in dreistündigen Abständen gemessen hat. Im einzelnen war der Abfall um so tiefer, je höher systolisches und diastolisches Tagesmaximum gelegen war. Die Differenz zwischen höchstem und tiefstem Wert innerhalb 24 Stunden nahm mit dem Lebensalter signifikant zu.

Nach HAMMARSTRÖM (35) ist die 24-Stunden-Variabilität des systolischen und diastolischen Druckes bei Hypertonie mit Retinopathie größer als bei Hypertonikern ohne Retinaveränderungen. Den Ausdruck "fixed hypertension" bezeichnet er als irreführend, da die Patienten mit dem höchsten Blutdruckniveau eine beträchtliche Variabilität besonders des systolischen Druckes zeigen können.

Mittels eines automatischen Sphygmomanometers wurde von SHAW und Mitarb. (83) halbstündig über 24 Stunden bei Bettruhe gemessen. Bei 16 Patienten mit benigner Hypertonie fiel im Schlaf der durchschnittliche systolische Druck um 15,4 mmHg, der diastolische Druck um 9,1 mmHg. Bei den 12 Patienten mit maligner Hypertonie wurde kein signifikanter Abfall im Schlaf beobachtet.

RICHARDSON und Mitarb. (71) benutzten bei ihren fortlaufenden Messungen an 8 Gesunden und 30 Hochdruckkranken eine sich im 5-Minuten-Abstand automatisch aufblasende Doppelmanschette (nach GALLAVARDIN). Beobachtet wurde über 8 Stunden, die letzten 4 Stunden entfielen auf den Schlaf. Bei 7 Normalpersonen wurde über 20 Stunden gemessen, bei diesen waren systolischer und diastolischer Druck am späten Nachmittag und am Abend signifikant höher als am Morgen, fielen auf die niedrigsten Werte während der ersten Stunden des Schlafes, um nach dem Wecken wieder anzusteigen. Ein ähnlicher Kurvenverlauf wurde bei den Hypertonikern beobachtet. Bei den essentiellen Hypertonikern zeigten diejenigen mit den höchsten Werten die geringste Variation, allerdings waren die Unterschiede statistisch nicht signifikant.

Mit dem automatischen indirekt messenden Gerät nach v.UEX-KÜLL und WICK (89) untersuchten BOCK und KREUZENBECK (20, 21) 13 Normotoniker und 19 Hypertoniker verschiedener Formen. Die Messungen erfolgten über 24 Stunden in 15minütigen Abständen. "Die Blutdruckmaxima liegen ... in den Abend- und in den Vormittagsstunden." "Selbst unter Bettruhe betragen die Mittelwerte der maximalen Blutdruckdifferenzen in 24 Stunden bei den Normotonikern 26/14, bei den labilen Hypertonien 50/26, bei den stabilen benignen Hypertonien 45/20 und bei den malignen Hypertonien 28/18 mmHg." Die tiefsten Nachtmittelwerte wurden in der Zeit zwischen 1 und 5 Uhr gemessen, wobei der Druck bei den "stabilen" Hypertonien zumindest diastolisch nicht auf Normwerte abfiel.

Von ZÜLCH und HOSSMANN (100) wurden "an 120 Kreislaufgesunden mit überwiegend normotoner Blutdrucklage ... fortlaufend über 24 Stunden Blutdruckmessungen vorgenommen. Dabei fand sich ein zweigipfelter Verlauf des Blutdrucks mit einer leichten Senke um 14 Uhr nachmittags und einer tiefen Senke um 3 Uhr nachts sowie mit Blutdruckgipfeln um 12 Uhr mittags und 18 Uhr abends." "Zeitlich entsprechen diese Kurvenverläufe denen der physiologischen Leistungsbereitschaft im 24-Stunden-Rhythmus." Die Kurven entstanden aus den Mittelwerten von 1- bis 1 1/2stündigen Messungen nach RIVA-ROCCI-KOROTKOV.

1.1.3. Einflüsse durch Lagewechsel und körperliche Aktivität:

Die Aufrechterhaltung eines bestimmten Blutdruckes erfolgt im Sinne eines geschlossenen Regelkreises (94) über die

Barorezeptoren (zusätzlich auch über die Chemorezeptoren des Glomus aorticum und caroticum) als Fühler, den medullären Kreislaufzentren als Meßwerk und den effektorischen Organen des Herz- und Gefäßsystems als Stellglieder. Zu- oder Abnahme des Herzzeitvolumens und des peripheren Gefäßwiderstandes verändern unmittelbar den Blutdruck, der somit immer eine Resultante dieser beiden Faktoren darstellt.

Bei Änderung der Körperlage, z.B. beim Aufrichten aus waagerechter Körperhaltung, vermindert sich primär der venöse Rückfluß zum Herzen und damit das Schlagvolumen. Die "Kreislaufinsuffizienz" wird durch "physiologische Zentralisation" verhindert (86), die Blutdruckamplitude wird etwas kleiner als im Liegen, und die Herzfrequenz nimmt zu, der arterielle Mitteldruck bleibt erhalten.

"Die Muskelarbeit stellt den hervorragendsten Anlaß zu einer physiologischen Steigerung des Herzminutenvolumens dar. Kennzeichnend ist schon zu Beginn der Arbeit eine allgemeine Erhöhung des Sympathikustonus, die ... das medulläre Herzförderungszentrum und Vasokonstriktorenzentrum erregt."

(94) "Der arterielle Blutdruck zeigt bei körperlicher Arbeit eine charakteristische Vergrößerung der Amplitude ... "(94), wobei der diastolische Druck meist etwa gleich bleibt oder wenig zunimmt, während der systolische Druck deutlich ansteigt.

In der älteren Literatur finden sich mehrere experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Körperlage auf den Blutdruck. BLUMENBERG (18) und WAGNER (91) wählten als Drehpunkt für die Lageänderungen des Körpers (Kaninchen und Hunde) den

"hydrostatischen Indifferenzpunkt" in Höhe des Herzens. Sie beobachteten sowohl bei Kopf-unten-Stellung als auch Bein-unten-Stellung einen Abfall des Blutdrucks, gemessen in der A. carotis bzw. der Unterschenkelarterie.

1924 stellten SCHOTT und SPATZ (80) beim Menschen "Beobachtungen am Kreislauf im Kniehang, insbesondere über das Verhalten des arteriellen Druckes in Armen und Beinen in dieser Körperlage sowie im Stehen und Liegen" an. Bei 50 Kreislauf-gesunden stieg in Hängelage der systolische Druck im Arm um 6 - 30 mmHg an, im Durchschnitt um 10 mmHg, und der diastolische Druck nahm um 5 - 23 mmHg zu, im Durchschnitt um 14 mm. Die systolischen Mittelwerte von "10 Männern mittleren Lebensalters", am Arm gemessen, betrugen im Stehen 98,9, im Liegen 120,3 mmHg, im Hängen 124,2 mmHg. Am Bein fanden sich dagegen in derselben Reihenfolge 178,6 mm, 151,5 mm und 102 mmHg.

SCHÉLLONG und HEINEMEIER (76,77) fanden als "klinisch faßbare Erscheinungen einer anscheinend guten Regulation in aufrechter Stellung" gegenüber den Liegewerten Vermehrung der Herzschlagzahl, leichter Anstieg oder Abfall des systolischen, leichte Erhöhung des diastolischen Druckes. Bei Hochdruckkranken (78) waren diese Schwankungen ausgeprägter. Für bequemes Stehen von 4 - 8 min. Dauer glaubten sie jedoch sagen zu können, daß das Minutenvolumen beim gesunden Menschen zumindest gleich bleibt oder sogar etwas über den Wert im Liegen ansteigt (77).

WALD und Mitarb. (92) nahmen bei 300 gesunden Studienanfängern 15 Messungen in 1-Minuten-Abständen nach dem Positions-

wechsel Liegen/Stehen vor. Bei stetiger Frequenzabnahme nach anfänglicher Herzschlagbeschleunigung hatten 1 min. nach dem Positionswechsel 31,6 % der 300 Versuchspersonen einen höheren systolischen Blutdruck als im Liegen, 58,7 % hatten einen niedrigeren, und bei 9,7 % blieb der Druck gleich. Dagegen war der diastolische Druck in 82,7 % höher als im Liegen, in 9,7 % niedriger, in 7,6 % unverändert. Weder innerhalb der ersten 3 Minuten noch bei den weiteren Messungen der 15-Minuten-Perioden trat eine signifikante Änderung des systolischen und diastolischen Druckes auf. - Bei 14 Normalpersonen (92) wurde in kürzeren Zeitabständen gemessen. Hier fiel mit einer Ausnahme bei allen Probanden nach dem Aufrichten der systolische Druck ab, zwischen 5 - 40 mmHg. Innerhalb 30 Sekunden hatte die Mehrzahl einen höheren Druck als im Liegen erreicht, nach 60 Sekunden war wieder ein geringer Abfall zu verzeichnen. Die niedrigsten Werte wurden 10 Sekunden nach dem Positionswechsel aufgezeichnet. Der erste nach Aufrichten gemessene diastolische Druck zeigte in 76 % einen Anstieg, fiel in 18 % ab und blieb in 6 % gleich, danach trat keine signifikante Änderung mehr ein. Am Kipptisch (passive Orthostase) war derselbe Reaktionstyp zu beobachten, jedoch war der Abfall größer und der Wiederanstieg geringer. Längeres ruhiges Stehen mußte als ernsthafte Belastung für den Kreislauf angesehen werden, wie die relativ große Zahl kollabierender Probanden zeigte.

BRIGDEN und Mitarb. (22) maßen intraarteriell über ein Kondensator-Manometer bei 12 Normalpersonen, die mit dem Kipptisch aus der Liegeposition in passive Orthostase versetzt wurden. Der systolische Blutdruck betrug im Liegen durchschnittlich 122,4 mmHg, im Stehen 120,0 mmHg. 3 der 12 Pro-

banden zeigten einen Anstieg von 4 - 8 mmHg, 5 einen Abfall von 5 - 14 mmHg, bei 5 weiteren blieb der Druck unverändert (1 27jährige Frau wurde 2mal gemessen, es zeigte sich ein Anstieg von 4 mmHg und ein Absinken von 7 mmHg).

MEESMANN und Mitarb. (58,59) maßen bei 119 Normotonikern (Nach KOROTKOV-RIVA-ROCCI) im Liegen durchschnittlich 138,4/80,4 mmHg, bei aktiver Orthostase 128,7/86,3 mmHg; bei 81 labilen Hypertonikern im Liegen 177,0/105,7 mmHg, im Stehen 152,6/102,3 mmHg; bei 33 stabilen Hypertonikern im Liegen 177,0/109,7 mmHg, im Stehen 161,9/112,9 mmHg. Die niedrigsten Blutdruckwerte als sog. "Entspannungswerte" wurden nach Wiederhinlegen im Anschluß an 5minütiges Stehen gemessen, sie waren systolisch und diastolisch nicht signifikant verschieden vom Basisblutdruck nach SMIRK (84).

ASCHOFF und ASCHOFF (6) untersuchten an 8 jungen gesunden Soldaten die orthostatische Kreislaufreaktion im Hinblick auf eine mögliche Tagesperiodik; zur Anwendung kamen Kipp-tisch und halbautomatische Blutdruckmanschette, die Zahl der Störfaktoren in der Versuchsanordnung war besonders gering. Der "orthostatische Index", direkt proportional dem fallenden systolischen Druck, steigenden diastolischen Druck und Pulszahl sowie der zunehmenden Streuung aller gemessenen Größen, zeigte Maxima in Form einer zweigipfeligen Kurve gegen 12 Uhr mittags und 3 Uhr morgens. Die Schwankungen schienen von der Nahrungsaufnahme unabhängig zu sein. In einer ähnlichen früheren Untersuchung hatten KLEIN und Mitarb. (51, zitiert nach 6) auf eine orthostatische Stabilität zwischen 15 Uhr und Labilität zwischen 3 und 6 Uhr geschlossen.

TRIEB und Mitarb. (88) untersuchten mit der direkten Meßmethode bei 20 Hypertonikern des Schweregrades III und IV die Differenzierung des Einschwingverhaltens des arteriellen Mitteldruckes unter aktiver Orthostasebelastung im Hinblick auf gezielte antihypertensive Therapie. Der mittlere Blutdruck im Liegen von 188,35/113,73 mmHg betrug im Stehen 184,75/116,05 mmHg 1 Minute nach dem Aufrichten, nach der 2. Minute 187,6/117,1 mmHg, nach der 3. Minute 186,85/116,05 mmHg. Nach erfolgreicher antihypertensiver Therapie war unter orthostatischer Belastung kein systolischer Druckabfall mehr nachweisbar.

1881 machte ZADEK (98) die Beobachtung: "Muskelaction steigert den Blutdruck und zwar wohl in Folge der verstärkten Herzaction. Diese Steigerung - welche übrigens nach dem Uebergang in ruhige Stellung ziemlich bald verschwindet - betrug bei mässiger Bewegung 10 - 20 Mm., bei stärkerer Anstrengung (z.B. Laufen) bis zu 30 Mm. Hg."

HILL (37) maß bei einem arteriellen Mitteldruck als Ausgangswert 98 mmHg, nach schnellem Laufen über 400 Yards einen Anstieg auf 120 - 130 mmHg, 10 Minuten später nach 110 - 115 mmHg. Der Puls stieg von 64/min. auf 100/min. an, betrug nach 10 Minuten noch immer 100/min.. "The arterial pressure, like the pulse-rate, is more affected by muscular activity than by any other cause except perhaps by mental excitement" (s. Kap. 1.1.1.).

ZABEL (97, s. Kap. 1.1.1.) verglich ebenfalls mit der emotionellen Beeinflussung: "Aehnliches Verhalten zeigt der Blutdruck des Normalen auch bei körperlicher Arbeit, bei

ein und derselben Leistung erfolgt bei dem einen eine hohe Steigerung, bei dem anderen dagegen eine viel geringfügigere. Hier wie dort ist der Faktor der Übung ausschlaggebend..."

Bei 10 Normalpersonen mit einem durchschnittlichen Basalblutdruck von 100/65 mmHg und einem mittleren Tageswert von 121/77 mmHg maß ADDIS (1, s. Kap. 1.1.1.) nach kurzzeitiger körperlicher Belastung 137/59 mmHg, nach längerer Belastung 168/42 mmHg. Die maximale Herzschlagfrequenz lag darunter bei 114/min..

BARATH (13,14) fand in seiner sich über 2 Jahre erstreckenden Untersuchung an alternden Menschen, daß eine verspätete Rückkehr des Blutdrucks (nach körperlicher Arbeit) zu den Ausgangswerten "auch ohne Kreislaufinsuffizienz vorkommen und ein sehr wichtiges Zeichen der Abnahme der Ausgleichsfähigkeit des Blutdruckregulierungssystems bilden kann."

Bei Hochdruckkranken mit Nierensklerose, chronischer Nephritis und Arteriosklerose fand er nach Belastung durch Treppensteigen eine langsame und unvollständige Rückkehr der bis zu 200 mmHg hohen Werte zum Ausgangsblutdruck, bei der "essentiellen Hypertonie fand er auch eine langsamere Normalisierung (im Vergleich zu Normalpersonen), jedoch war diese vollständig. Bei den Normalpersonen stieg der systolische Druck unter Belastung um 12 - 26 mmHg, bei den Hypertonikern um 50 - 80 mmHg an.

Dagegen fand WEISS (93) bei der Mehrzahl der jugendlichen Hypertoniker den Anstieg des systolischen Blutdruckes während Ergometerbelastung nicht so hoch wie beim Normotoniker,

auffällig jedoch die Steigerung des diastolischen Druckes. Nach Arbeitsende kehrte der diastolische Druck der Hypertoniker annähernd zur Ausgangslage zurück, während der systolische Druck 10 min. nach der Arbeit erheblich unter dem Ausgangswert lag. Nach anschließend einstündigem flotten Gehen war der systolische Druck mit 115/65 mmHg normal geblieben. "Es ist also durch Muskelarbeit eine neue, eutonische Regulationsbasis gewonnen ...". In höheren Altersstufen wurde in der Regel grundsätzlich Gleiches gefunden wie bei Jugendlichen. "Danach kommt (statistisch) der vagotonische Effekt der regelmäßigen Muskelarbeit ... auch der essentiellen Hypertonie zugute und beseitigt oder verhindert deren Manifestation."

Mit direkter Druckregistrierung (Lilly-Kondensator-Manometer) in der A. cubitalis maßen MECHELKE und NUSSER (57) 76 Personen, die je nach Güte ihrer Kreislaufregulation in Gruppen eingeteilt wurden. Bei der "stabilen Blutdruckregelung" von 27 Kreislaufgesunden trat im Gegensatz zur Arbeitsbelastung mit 100 Watt (Fahrradergometer) bei Verdoppelung der Belastung eine deutliche diastolische Druckerhöhung ein. Nach längerer Arbeitsdauer (6 Minuten) war wieder eine geringe diastolische Druckabnahme sowie Druckamplitudeneinengung bei weiterer Frequenzzunahme nachweisbar. Mit Arbeitsende erfolgte eine schlagartige Drucksenkung. Dagegen trat bei der "statisch labilen Druckregelung" während der Arbeitsbelastung eine geringere Druckamplitudenvergrößerung auf, die in der zweiten Hälfte der Arbeitszeit wieder deutlich abnahm. Im Vergleich zur 100 Watt-Belastung trat bei der 200 Watt-Belastung in allen Fällen eine stärkere systolische Druckzunahme und Amplitudenvergrößerung auf (bei gleichzeitig erhöhten

Arbeits- und Erholungspulssummen).

HOLMGREN (42) nahm bei 35 Radrennfahrern unter fahrradergometrischer Belastung direkte Messungen vor (82): Die systolische Blutdruckreaktion war eng korreliert mit der absoluten Belastung, deren Steigerung hatte pro 300 kgm/min. eine statistisch signifikante Druckerhöhung von je 8 mmHg zur Folge. Nach 6 Minuten Arbeit erfolgte ein Druckabfall, der nicht mehr mit der Belastung korrelierte. Der diastolische Druck erhöhte sich beim Wechsel vom Liegen zum Sitzen um 9 mmHg, blieb dann unverändert bis einschließlich einer Belastung von 600 kgm/min.. Bei 900 kgm/min. erfolgte ein weiterer signifikanter Anstieg von 3,5 mmHg, der sich bei 1200 kgm/min. nicht weiter erhöhte. Bei Steigerung auf 1500 kgm/min. erfolgte ein weiterer statistisch signifikanter Anstieg um 3,1 mmHg. Insgesamt also folgte der diastolische Druck bei zunehmender Belastung dem Verlauf des systolischen Druckes, "but on a reduced scale." Nach längerer Arbeit fiel der Druck allmählich.

Zu abweichenden Ergebnissen bezüglich des diastolischen Druckes kamen HOLLMANN und Mitarb. (41), die mit indirekter Messung (3 - 4 Manschettensufflationen pro Minute) bei 8 gesunden, jungen trainierten Männern die Belastungsreaktionen (Fahrradergometer) registrierten: "Bei der überwiegenden Mehrzahl der Versuchspersonen fällt (der diastolische Druck) in allen Belastungsstufen mit Beginn der Arbeit ab und stellt sich im allgemeinen auf ein konstantes Niveau ein, wenn man Schwankungen um 5 mmHg unberücksichtigt läßt. In der Erholungsphase steigt der diastolische Druck wieder an und erreicht in einigen Fällen zwischen der 2. und 5.

Erholungsminute vorübergehend Werte, die über dem Ausgangsdruck liegen. Anschließend pendelt er sich wie der systolische Blutdruck auf den Ausgangswert ein. - Während bei Körperruhe signifikante Unterschiede zwischen den Blutdruckwerten Trainierter und Untrainierter bestehen, ist das unter körperlicher Belastung nicht der Fall."

SANNERSTEDT (74) verglich männliche und weibliche Hypertoniker der drei WHO-Stadien miteinander. Der Blutdruck wurde während der Belastung auf dem Fahrradergometer intraarteriell gemessen. Die Männer und Frauen des Stadiums II und III zeigten einen höheren mittleren arteriellen Blutdruckanstieg als die gesunden Kontrollpersonen, ebenso verhielt sich der systolische Blutdruck der beiden Gruppen mit Ausnahme der Frauen des Stadiums II. Männer und Frauen des Stadiums I zeigten keine signifikante Differenz des systolischen oder mittleren arteriellen Druckes im Vergleich mit der Kontrollgruppe. Lediglich die Frauen des Stadiums II zeigten im Vergleich zu Normalpersonen einen signifikanten Anstieg des diastolischen Blutdruckes, nicht jedoch die anderen Hypertoniker.

In ähnlicher Versuchsanordnung, jedoch bei Einteilung der Hypertoniker nach Altersgruppen, fanden AMERY und Mitarb. (3) allgemein bei Hypertonikern einen größeren systolischen Druckanstieg bei Belastung als bei Normalpersonen desselben Alters, jedoch nicht in der jüngsten Altersgruppe (diese Gruppe entsprach SANNERSTEDT's WHO-I-Gruppe, mit dem gleichen Blutdruckverhalten). Der stärkere systolische Druckanstieg der Hypertoniker-Altersgruppen II und III resultierte wahrscheinlich aus der Sklerose der großen Gefäße (als Folge

der Hypertonie). Obwohl das Niveau des Blutdrucks keine Rolle zu spielen schien, wurde doch dieser Druckanstieg bei den jüngsten Hypertonikern nicht beobachtet. Ein exzessiver systolischer Druckanstieg wurde wieder bei Koronarsklerotikern gesehen.

In mit AMERY's Arbeit vergleichbarer Untersuchung von LUND-JOHANSEN (55) waren systolischer und diastolischer Druckanstieg, absolut und relativ, bei Belastung bis 900 kpm/min. weniger hoch (prozentual) als bei den Normotonikern, mit Ausnahme des absoluten Druckanstieges in der höchsten Altersgruppe. Wie bei den Normotonikern nahm der erreichte Höchstwert nach Belastung mit jeder Altersstufe zu. Der mittlere arterielle Druckanstieg bei den Hypertonikern war ebenfalls absolut und relativ geringer als bei den Normotonikern, wieder mit Ausnahme der höchsten Altersstufe.

1.2. Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse von Tag zu Tag:

HILL (37, s. auch Kap. 1.1.1. und 1.1.2.) hatte nach wiederholten Selbstmessungen festgestellt, "that my tension in the morning is usually from 120 to 130 mmHg, while on a holiday it averages from 105 to 110 mmHg."

Von ZABEL (97, s. auch Kap. 1.1.1.) wurde bei 4 Kreislaufgesunden 3 Wochen lang täglich 2mal der Blutdruck gemessen. Die so erhaltenen Werte betrachtete er als eine Funktion des Blutdrucks, "die bei demselben Individuum ceteribus paribus innerhalb größerer Zeitabschnitte keinen nennenswerten Änderungen unterworfen ist; es können also die Resultate verschiedener Messungen, die bei ein und demselben Patienten

gewonnen sind, ohne weiteres miteinander verglichen werden ... " - "In allen Fällen, wo es gelang, bei unverändertem Allgemeinzustand desselben Patienten im Verlauf von Messungen, die Tage oder Wochen auseinander lagen, jedoch zu gleicher Stunde vorgenommen wurden, Konstanz der Drucke festzustellen, ergab ein Vergleich der dabei beobachteten Ablesungen eine befriedigende Uebereinstimmung."

MOOG und SCHÜRER (64) konnten im Blutdruckverhalten bei der "Kriegsnephritis" keine sichere Reproduzierbarkeit der Werte von Tag zu Tag feststellen. Bei morgendlicher und abendlicher Messung über 4 Wochen ähnelten die Blutdruckkurven (nur systolische Werte) vielmehr Fieberkurven, selbst die diurnalen Schwankungen zeigten wenig Regelmäßigkeit.

Bei 84 Hypertonikern, die von FAHRENKAMP (29, s. auch Kap. 1.1.2.) über 3 - 4 Wochen morgens und abends gemessen wurden, fand sich die größte Regelmäßigkeit der täglichen Blutdruckschwankungen bei den essentiellen Hypertonikern ohne Organbeteiligung und den Patienten mit "hypertonischer Arteriosklerose". Fast ausnahmslos wurden die niedrigeren, annähernd normotonen Werte morgens, die höheren Werte abends gemessen. Bei der ersten Gruppe betrugen die Schwankungen bis 55 %, bei der zweiten anfangs im Mittel 20 %, später mehr.

KILPATRICK (50) verglich die Variabilität des Gelegenheits-Blutdruckes ("casual blood pressure") mit der des Basal-Blutdruckes nach SMIRK. Die Beobachtungen wurden in 3 Gruppen, Normotoniker und Hypertoniker zweier verschiedener Schweregrade, an 5 - 7 aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. Bei allen drei Gruppen war die Abweichung des mitt-

leren systolischen Basalblutdrucks geringer als des entsprechenden Gelegenheits-Blutdrucks; mit zunehmendem Schweregrad der Hypertonie wurde sowohl beim Basal-Blutdruck als auch beim Gelegenheitsblutdruck die Abweichung größer. Am ersten Beobachtungstag ergaben sich die größten Differenzen zum mittleren systolischen Druck in allen Gruppen, die Variabilität vom 2. zum 3., 4. und 5. Tag blieb etwa gleich. Der Basalblutdruck von Normalpersonen war konstant für die Zeit von 1 - 3 Wochen, der Gelegenheits-Blutdruck war bei Blutdruckgesunden und insbesondere bei Hypertonikern deutlich stärker variabel als der Basal-Blutdruck.

Eine hohe Beständigkeit der diurnalen Schwankungen von Tag zu Tag war bei den 26 Hypertonikern, die von KAIN und Mitarb. (46, s. auch Kap. 1.1.2.) untersucht wurden, zu beobachten. Zwar nahmen die systolischen und diastolischen Durchschnittswerte von vier Zeitabschnitten vom 1. zum 3. Tag ab, doch war der typische diurnale Kurvenverlauf erhalten, besonders im Vergleich 2. und 3. Tag.

Daß die Tag-Nacht-Rhythmik der Blutdruckschwankungen äußeren Bedingungen gegenüber besonders anpassungsfähig ist, zeigt eine Untersuchung von LEWIS und LOBBAN (Zitiert nach MENZEL, 61), die 1953 und 1955 in Spitzbergen bei Dauertageslicht durchgeführt wurde. 7 Männer und 5 Frauen lebten 7 Wochen lang in einem künstlichen 21- bzw. 27-Stunden-Tag, als Zeitmaß dienten lediglich besonders hergerichtete Armbanduhren. Die verschiedenen Körperfunktionen wurden nach ihrer Anpassungsfähigkeit in eine Skala eingeordnet. An der Spitze stand die Herzfrequenz, es folgten Blutdruck, Phosphatausscheidung, Körpertemperatur, Wasser-, Chlorid-, Natrium-

und zuletzt die Kaliumausscheidung.

Arbeitsphysiologische Untersuchungen MENZEL's (60) zeigten, daß die bekannte Verteilung von Blutdruckmaxima und -minima im wesentlichen auch bei Aufhebung des normalen Schlaf-Wach-Rhythmus besteht, sogar bei Schichtarbeitern nachzuweisen ist.

2. Problemstellung

Mit der indirekten Messung des Blutdrucks nach RIVA-ROCCI, VON RECKLINGHAUSEN und KOROTKOV und dessen Modifikationen (halb- und vollautomatisch, mit verschiedenen Techniken der Registrierung) lassen sich gute Ergebnisse erzielen bei Einzelmessungen in körperlicher Ruhe; bei körperlicher Aktivität und kontinuierlicher Registrierung zeigt sie naturgemäß zahlreiche Schwächen.

Bisher durchgeführte intraarterielle Messungen mehrerer Autoren (u.a. BACHMANN, LUND-JOHANSEN, SANNESTEDT, BEVAN und Mitarb.) betrafen überwiegend Kurzzeitmessungen (bis maximal 24 Stunden) zu verschiedenen Fragestellungen (s. Kap. 1.1.3.). Zur Untersuchung unter körperlicher Belastung wurde wegen seiner guten Reproduzierbarkeit und Dosierbarkeit fast ausschließlich das Fahrradergometer im Kreislauflabor verwendet.

Bisher sind detaillierte Untersuchungen zum Blutdruckverhalten über einen Zeitraum von mehr als 24 Stunden nur vereinzelt durchgeführt worden (z.B. von MÜLLER (66), DIEHL (27), KILPATRICK (50), ATHANASSIADIS (7) und KAIN (46)). Dabei wurde meist diskontinuierlich und in nicht zusammenhängenden Zeitabschnitten gemessen, zum Teil nur wenige Einzelmessungen durchgeführt. Nur eine Arbeit (KAIN und Mitarb., 46) beschäftigt sich als einzige mit Messungen unter alltäglichen Bedingungen und nicht nur in körperlicher Ruhe; bei allen genannten Autoren kam die indirekte Meßmethode zur Anwendung.

Neue Möglichkeiten ergaben sich aus der Kombination "intraarterieller Mikrokatheter" und "Telemetrie". Dank eines Plastik-Verweilkatheters in der Brachialarterie und der tragbaren Apparatur ist der Patient in seiner Bewegungsfähigkeit (auch im betroffenen Arm) fast uneingeschränkt. Mit Hilfe des tragbaren Ultra-Kurzwellensenders sind fortlaufende Blutdruckregistrierungen des frei sich bewegenden Patienten unter "alltäglicher Belastung" während des Klinikaufenthaltes möglich.

Als zumutbare und gewohnte körperliche Belastungen wurden Stehen, Gehen und Treppensteigen innerhalb definierter Meßabschnitte ("normierte Perioden") gewählt. Während der jeweils 2 1/2 Tage dauernden kontinuierlichen intraarteriellen Messung sollte bei unbehandelten Hypertonikern folgenden Fragen nachgegangen werden:

1. Inwieweit sind verschiedene Blutdrucke bei körperlicher Ruhe (am Tag und während der Nacht) unter Berücksichtigung vergleichbarer Tageszeiten von Tag zu Tag reproduzierbar?
2. Wie verhält sich die Blutdruckreaktion (= Differenz zum vorangegangenen Wert in körperlicher Ruhe) auf alltägliche Belastungen wie aktive Orthostase, Gehen und Treppensteigen von Tag zu Tag?

3. Methode und Patientengut

Die Untersuchungen wurden mit der von KRÖNIG und Mitarb. (54) entwickelten Mikrokatheter-Blutdrucktelemetrie durchgeführt. Es handelt sich dabei um eine Modifikation des von BACHMANN und Mitarb. (10, 11, 12) angegebenen Verfahrens unter Verwendung eines intraarteriellen Mikrokatheters mit kontinuierlicher Druckgegenspülung, wie sie von BEVAN und Mitarb. (17) angegeben wurde. Die Methode eignet sich insbesondere zur intraarteriellen Blutdruck-Langzeitmessung am frei-sich-bewegenden Probanden.

Das Patientengut setzte sich zusammen aus 38 Männern und Frauen verschiedener Altersstufen mit essentieller Hypertonie der drei WHO-Stadien. Über durchschnittlich 63 Stunden wurde fortlaufend intraarteriell der Blutdruck gemessen und aufgezeichnet, sowohl am Tag als auch im Schlaf, insbesondere auch während der insgesamt 8 Perioden definierter, alltäglicher körperlicher Belastung zu jeweils festgesetzten Zeitpunkten.

3.1. Mikrokatheter-Blutdrucktelemetrie:

Die nach mechanisch-elektrischer Umwandlung der Druckimpulse erhaltenen Meßsignale werden drahtlos zur stationären Empfangseinheit gesendet, wo der aktuelle Blutdruck angezeigt und gleichzeitig auf Papierstreifen und Magnetband aufgezeichnet wird.

3.1.1. Patientenseitiger Teil:

Der patientenseitige tragbare Teil (s. Abb. 1, Abb. 4) besteht aus intraarterieller Kanüle, Plastiküberleitungsstück, Druckaufnehmer mit Verkabelung, Infusionslösung zur Druck-Gegenspülung mit Infusionsbesteck und Reduzierventil. Die eigentliche Apparatur besteht aus Modulator, Hochfrequenzsender, elektrischer Eichvorrichtung und Akkus.

Als Plastikverweilkanüle verwendeten wir die "Intranüle^(R)" (Firma VYGON, Aachen), Größe Nr. 112,12. Mittels Luer-Lock-Verbindung wird ein 50 cm langes Plastiküberleitungsstück ("Lectrocath^(R)", Firma VYGON, Nr. 1155.05) vor den Druckaufnehmer mit Dreiwegehahn-Druckdom (Firma STATHAM, Oxnard, Calif.) geschaltet, um etwaiges, trotz kontinuierlicher Druck-Gegenspülung rückfließendes Blut von der empfindlichen Membrane des Druckaufnehmers fernzuhalten. Mit kurzfristig verstärkter Spülung, u.U. vom Patienten selbst durchführbar, ist dieser Störfaktor (verschiedene Flüssigkeiten im Übertragungssystem) sofort zu eliminieren.

Im Druckaufnehmer als mechano-elektrischen Wandler (STATHAM P 37 B) kommt es durch Auslenkung der Membran, hervorgerufen durch die übertragenen Druckpulsationen, zu einer Änderung der in Form einer Wheatstone'schen Brücke geschalteten Widerstände (Abb. 7). Proportional der Auslenkung ist die Spannungsänderung entlang der "Meßdiagonalen", bei konstanter Speisespannung von 18 Volt Gleichspannung. Auf der "Meßdiagonalen" entsteht ein Gleichspannungssignal von ca. 90 mV/mmHg, was im Gleichspannungsverstärker um den Faktor 10 verstärkt und dann frequenzmoduliert wird. Einem Meßbereich von 0 - 300 mmHg entsprechen 1100 - 1500 Hertz,

150 mmHg entspricht der Unterträgerfrequenz von 1300 Hertz. Gleichspannungsverstärker, Unterträgerfrequenzmodulator und Akkus (3 x 12 und 2 x 6 Volt Säulen wiederaufladbarer Nickel-Cadmium-Zellen, für 12 - 14 Stunden Messung ausreichend) bilden die Modulator-Einheit der Abb. 1. Modulator und Verstärker wurden von der Firma K.FRANK (Erlangen) nach Angaben von ZERZAWY (99) hergestellt.

Vom Modulator wird das Meßsignal auf den Hochfrequenzsender überspielt und einer Frequenz von 151,09 MHz aufmoduliert. Als Sender wurde der leicht modifizierte Einkanal-Telemetrie-Sender der Firma HELLIGE, Freiburg, mit flexibler Antenne verwendet. Die Stromversorgung des Senders erfolgt über eine leicht auswechselbare 12 Volt Nickel-Cadmium Akku-Einheit (bestückt mit DEAC Nr. 45I Zellen), ausreichend für mindestens 14 Stunden Sendebetrieb. Die Sendeleistung beträgt ca. 50 mWatt (bei einer Antennenanpassung von 50 Ohm), die Reichweite in bebautem Gelände etwa 200 - 300 m, mit verstärkerbestückter empfängerseitiger Hochantenne etwa doppelt so weit.

Mit der Eichvorrichtung kann über regulierbare Widerstände bei entlasteter Membran des Druckaufnehmers das Gleichspannungssignal verändert und somit die Drucke 0 mmHg, 150 mmHg und 300 mmHg simuliert werden. Die Druckentlastung der Membran erfolgt mittels des Dreiwegehahnes des Plastik-Druckdomes.

Zwischen diesem und dem Infusionsbesteck (Firma BRAUN, Messungen) ist ein automatisches Reduzierventil ("Intraflo^(R)", Firma SORENSEN, Research Co., Salt Lake City, Utah 84107, U.S.A.) geschaltet, das eine konstante Spülleistung von 3 ml

pro Stunde gewährleistet (Abb. 2).

Zur Spülung verwendeten wir die 1000 ml "Sterofundin^(R) B" Plastikflasche (Firma BRAUN, Melsungen). Die Flasche steht unter mindestens 300 mmHg Druck, ausgeübt durch eine sie umschließende aufblasbare Manschette mit Manometer (Pressure Infusor BD-4, Firma FENWAL Laboratories, Morton Grove, U.S.A.). Der Druck wird in Abständen von 4 - 8 Stunden durch Kompression des Handballons aufrecht erhalten. Der Infusion werden 10.000 Einheiten Heparin zugesetzt.

Das Gesamtgewicht der tragbaren Einheit (Schultertrageetasche) beträgt ca. 4,5 kg (Abb. 4).

3.1.2. Empfangs- und Registriereinheit:

Die Einheit besteht aus dem eigentlichen Empfänger des Hochfrequenzsignals, mit Demodulator, Sichtgeräten, Papier- und Magnetbandregistrierung (Abb. 6). Das Magnetbandgerät wurde von der Firma RACAL-THERMIONIC Ltd. (Hythe, Southampton, England) hergestellt, die Empfangseinheit von der Firma HELBIG, Freiburg. Die Hochantenne wurde von der Firma KATHREIN, Rosenheim, geliefert (Abb. 5).

In Empfänger und Demodulator wird das eingehende Hochfrequenzsignal verarbeitet und auf die Sichtgeräte und Registriereinheiten übertragen. Systolischer und diastolischer Druck werden von Scheitelwertmessern angezeigt, die Pulsfrequenz ist über Direktanzeige ablesbar (Pulswellenintegrator mit apparativer Mittelung der Werte aus dem phasischen Wechsel

der Blutdruckkurve).

Als Registriergerät verwendeten wir den Hebel-Schnellschreiber Heloscriptor (Firma HELLIGE, Freiburg). Das 13 cm breite thermosensitive Registrierpapier (HELLIGE Markant) ist von 4 Thermoschreibern besetzt (s. Abb. 6): In Aufsicht links außen die Zeitschreibung in Sekunden und Minuten, nach rechts anschließend die Zone für die Blutdruckregistrierung (Gesamtschreibbreite 6 cm, entsprechend einer Druckamplitude von 300 mmHg; 1 mm auf dem Papier entspricht 5 mmHg). Der dritte Schreiber von links registriert die Pulsfrequenz, 1 mm entspricht 5 Schlägen/min.. Der Ereignismarkierung dient der vierte Kanal außen rechts. Frequenzumfang, Linearitätsfehler, Hysteresis und Langzeitdrift sind mit der zu fordernden Meßgenauigkeit vereinbar. Der Papiervorschub ist auf 12 Geschwindigkeiten einstellbar, zur Messung wählten wir einen Vorschub von 0,5 mm/sek, entsprechend 43,2 m in 24 Stunden (Gesamtlänge der Papierrolle 50 m).

Mit dem Magnetbandspeichergerät läßt sich eine 24-Stunden-Messung in 3 Stunden rückspielen, entsprechend dem gewählten Papiervorschub (s. Abb. 9) ist eine 24-Stunden-Periode auf einer Gesamtlänge des Papierstreifens von 52 cm übersichtlich darstellbar; bei maximaler Streckung (schneller Papiervorschub) ist Detailauswertung möglich.

Auf differenzierte physikalisch-technische Probleme wie z.B. Berechnung des Dämpfungsgrades und der Eigenfrequenz der Übertragungsstrecke, Auswahl des geeigneten Registrierpapiers, Eichung, Drucksprungkurve, "abreißen" des Meßsignals etc. soll im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht ein-

gegangen werden (53, 54).

3.2. Unbehandelte Patienten mit essentieller Hypertonie:

Die Messungen wurden an 38 Hochdruckkranken durchgeführt, 22 Männer und 16 Frauen, überwiegend mittleren Alters. Die Patienten kamen meist wegen ihres erhöhten Blutdrucks zur stationären Aufnahme. Patienten mit sekundären Hochdruckformen wurden von der Messung ausgeschlossen. Die klinische Diagnostik einschließlich Laboruntersuchungen, EKG, röntgenologische Thorax- und Nierenuntersuchung und Fundusskopie war in der Regel zur Zeit der telemetrischen Blutdruckuntersuchung abgeschlossen.

In Tab. I und II sind die Patienten einzeln mit einigen charakteristischen Daten und gruppiert nach WHO-Stadien und Altersstufen aufgeführt. In den Berechnungen wird in der Regel keine Differenzierung nach Stadien vorgenommen, da die WHO-Stadien I und III mit nur je 6 und 3 Patienten vertreten sind.

Das WHO-Stadium I ist bestimmt (96) durch die wiederholte Feststellung eines Gelegenheitsblutdrucks von $\geq 160/95$ mmHg. Organische, hypertoniebedingte Veränderungen dürfen nicht nachweisbar sein. Im WHO-Stadium II sind unabhängig von der Höhe des Blutdruckes hypertoniebedingte Veränderungen des Herzens (linksventrikuläre Hypertrophie) und des Augenhintergrundes (Fundus hypertonicus II nach KIETH, WAGENER und BARKER, 49) in Form von u.a. Gefäßschlängelungen, Kaliberunregelmäßigkeiten und GUNN'schen Kreuzungszeichen zu fordern. Im WHO-Stadium III müssen ebenfalls linksventrikuläre

Hypertrophie, zusätzlich Zeichen kardialer Dekompensation (anamnestisch: Lungenödem, Myokardinfarkt) nachweisbar sein. Der Augenhintergrund entspricht Fundus hypertonicus III oder IV. Hypertoniebedingte cerebrale Ausfallserscheinungen (apoplektischer Insult, gehäufte flüchtige Ischämien) definieren ebenfalls das Stadium III.

Soweit eine antihypertensive Therapie vor der Messung durchgeführt worden war, wurde sie mindestens 10 Tage vor Beginn der Untersuchung abgesetzt. Patienten, bei denen diese Maßnahme mit unvertretbarer Gefährdung verbunden wäre, wurden von der Messung ausgeschlossen. Erforderliche Medikation ohne blutdrucksenkende Nebenwirkung wurde beibehalten, als Sedativum wurden in Einzelfällen 5 - 10 mg Diazepam abends gegeben. Alle Patienten, mit Ausnahme der therapiebedürftigen Diabetiker, erhielten eine elektrolytbalanzierte Diät mit 100 - 120 mval Natrium und 60 - 80 mval Kalium pro Tag, bei etwa 2000 kcal. Die im Labor stattfindenden Untersuchungsphasen während der Langzeitmessung erfolgten regelmäßig morgens vor dem Frühstück, mittags und abends nach dem Essen; ein Einfluß normaler Nahrungsaufnahme auf den Blutdruck ist gleichwohl zu vernachlässigen (u.a. 55, 68, 97).

Zu erfüllende Voraussetzungen seitens der Patienten waren (ihr Einverständnis nach ausführlicher Information vorausgesetzt) lediglich das Vorliegen einer essentiellen Hypertonie, die Fähigkeit, alltägliche Belastungen wie Gehen und Treppensteigen absolvieren zu können, sowie normale Blutgerinnungsverhältnisse und ein Serumkreatinin von $\leq 2,6$ mg%.

3.3. Untersuchungsablauf:

Nach durchschnittlichem stationären Aufenthalt von 3 Tagen wurde die Messung abends begonnen und lief über durchschnittlich 63 Stunden. Ort der Messungen war das Telemetrielabor mit der stationären Empfangs- und Registriereinheit sowie einem normalen Krankenhausbett, der Stationsflur mit einer Länge von etwa 25 m und das Treppenhaus mit zwei Stockwerken. Die Zimmer der Patienten lagen zum Teil auf demselben Flur, zum Teil ein Stockwerk tiefer. 3mal am Tag wurde unter definierten Belastungen gemessen, den "normierten Perioden".

Das Untersuchungsprogramm umfaßte 3 aufeinanderfolgende Nächte und 2 vollständige Tage, den 2. und 3. Tag der Messung. Morgens wurden zwei, mittags und abends je eine, insgesamt also 11 normierte Perioden durchgeführt (Abb. 10). Die einzelne Periode (s. Abb. 11) dauert mittags und abends etwa 60 Minuten: Nach zwanzig Minuten "Liegen" wird der Patient aufgefordert, zehn Minuten vor dem Bett bequem zu "Stehen", dann wird die Tragetasche mit der patientenseitigen Meßapparatur umgehängt, und es folgen zehn Minuten "Gehen" in einem dem Patienten gewohnten, alltäglichen Tempo. Anschließend begibt sich der Patient mit dem Fahrstuhl in das unterste Stockwerk, um über die Treppe wieder in das zweite Stockwerk zu steigen. Auch hier soll ein normales Tempo eingehalten werden, meist werden 40 - 50 Sekunden benötigt. Im Labor schließt sich sofort "Wieder Liegen" über zwanzig Minuten an. Die beiden normierten Perioden morgens dauern etwa 105 Minuten, auf die 20 Minuten "Wieder Liegen" der ersten Periode (s. Abb. 10, 11) folgen nochmals Stehen, Gehen, Treppensteigen und Wieder Liegen. Meßzeitpunkte sind für jeden Patienten regelmäßig morgens etwa 7 Uhr, mittags etwa

13 Uhr und abends etwa 18 Uhr.

Unmittelbar vor der Funktion wird nochmals im Liegen indirekt der Blutdruck und der Armumfang registriert, dann erfolgt unter Lokalanästhesie die perkutane Punktion einer Brachialarterie, die meist innerhalb 1 - 2 Minuten gelingt. 20 Minuten nach Anschluß der Apparatur beginnt die erste Periode, bis dahin behält der Patient die liegende Stellung bei.

Vor und nach jeder normierten Periode wird die elektrische Eichung bei 0 mmHg, 150 mmHg und 300 mmHg vorgenommen. Alle 24 Stunden wird Registrierpapier ersetzt und das Magnetband umgeschaltet, alle 12 Stunden werden die Senderakkus gegen frisch aufgeladene ausgetauscht. Die Modulator-Akkus werden während der Nachtruhe des Patienten mittels Netzgerät bei laufender Messung nachgeladen.

Während des Aufenthaltes im Labor sind die Patienten nicht merklich von einer etwaigen "Meßraumatmosphäre" beeinflusst; die gesamte Registrier-Apparatur ist in einem abgetrennten Raum untergebracht, das normale Krankenhausbett steht vor einem verspiegelten Fenster der Zwischenwand, so daß der Patient sich ungestört fühlt.

Zwischen den einzelnen normierten Perioden bewegt sich der Patient frei im Hause und kann auch im Kliniksgelände spazieren gehen (Abb. 5). Er ist gehalten, körperliche Belastungen, Ruhepausen im Liegen, Mahlzeiten, aufregende Ereignisse usw. im zeitlichen Ablauf zu registrieren.

Ebenso wie unmittelbar nach Punktion der Arterie eine etwa 5minütige Kompression der Einstichstelle durchgeführt wird, um etwaige Hämatombildung zu verhindern, muß bei Entfernung der Intranüle^(R) aus der Arterie nach 63 Stunden die Kompression etwa 15 Minuten aufrechterhalten werden, wobei der Radialispuls nicht mehr palpabel ist. Etwa alle 3 Minuten kann die Kompression kurzfristig vermindert werden. Abschließend wird für eine halbe Stunde ein Kompressionsverband mit elastischer Binde angelegt, hierbei bleibt der Radialispuls tastbar.

Nach über vierjähriger Erfahrung mit der Methode (53) war in vorliegender Untersuchung von 39 geplanten Messungen über 63 Stunden eine Punktion nicht durchführbar, in 6 Fällen gelang sie erst am kontralateralen Arm. Subkutane Nachblutungen traten in 4 Fällen auf. Neuritische Reizerscheinungen, lokal oder distal im Versorgungsgebiet des Nervus medianus, traten in 3 Fällen auf und waren ohne Therapie voll reversibel. In keinem Falle traten thrombotische, thromboembolische oder entzündliche Komplikationen auf, zurückführbar auf die nahezu atraumatische Punktion mit relativ kleinem Kaliber und hochverträglichem Material, nicht zuletzt auf das sterile Vorgehen bei der Punktion mit folgender Applikation von Nebacetin^(R)-Salbe im Bereich der Einstichstelle mit steriler Abdeckung.

3.4. Auswertung der Kurven; Statistik:

Bei der Vielzahl der Einzelergebnisse - in 24 Stunden fallen etwa 230 000 systolische und diastolische Blutdruckwerte an -

und deren möglichen Interpretationen und Gegenüberstellungen sind im Rahmen dieser Arbeit Schwerpunkte gesetzt; soweit im Text nicht angeführt, sind weitere Einzelheiten aus den Abbildungen und Tabellen ersichtlich.

Ausgewertet wurden nur einzelne Kurvenstücke, die normierten Perioden und bestimmte Nachtwerte. Die systolischen und diastolischen Drucke wurden entsprechend Abb. 15 über jeweils 1 Minute "geometrisch" gemittelt. Dabei gehen die Ablesemarkierungslinien durch die Mitte der Pulskurvenendpunkte, die Ablesung der Drucke erfolgt möglichst auf einen mmHg genau, entsprechend 0,2 mm auf dem Registrierpapier. Im Liegen wurde nach 3, 10 und 17 Minuten abgelesen, im Stehen nach 2,5 Minuten, 5 Minuten und 8 Minuten (Abb. 11). Während kurzfristiger Änderungen des Blutdrucks, Minimal- und Maximalwerte z.B. während und nach Belastung (Abb. 11, Zeichenerklärung) wurden 3 aufeinanderfolgende einzelne "Pulse" zu einem Wert gemittelt. Zusätzlich zu den 3 Werten im Liegen wurde noch der Entspannungswert (EW-Tr) als niedrigster, über 1 Minute zu mittelnder Blutdruck gesucht. Insgesamt ergaben sich aus einer normierten Periode 42 systolische und diastolische Drucke, nach Mittelung der "1 Minuten-Werte" (MW-Li., MW-St. MW-Ge) resultierten 24 systolische und diastolische Druckdaten, die statistisch verarbeitet wurden.

Während des Schlafes (Abb. 12 - 14) wurde der mittlere Druck (Schl.-Mit.) aus 6 - 8 stündlich abgelesenen Werten gewonnen, der niedrigste Blutdruck (Schl.-Min.) wurde meist gegen Ende einer etwa 20 - 30 minütigen Periode durchweg niedriger Werte gefunden. Schlafbeginn und Schlafende lassen sich leicht im Kurventypus erkennen, die kurzfristige Spontanva-

riabilität des Wachen verschwindet fast völlig, die respiratorisch bedingten Schwankungen, Blutdruckwellen I. Ordnung, treten dafür umso deutlicher hervor (Abb. 13). Mit dem Aufwachen kommt es regelmäßig zu einem abrupten, deutlichen Druckanstieg (Abb. 14), der danach abgelesene Wert "Liegen vor Aufstehen" dürfte am ehesten dem Basisblutdruck nach SMIRK entsprechen (53).

Die aus Abb. 11 ersichtlichen charakteristischen Drucke "Stehen sofort", "Stehen Maximum", "Stehen Minimum", "Treppe unten" und "nach Treppe Minimum" kommen in vorliegender Arbeit nicht zur Auswertung. Die für das Ausmaß der Blutdruckreaktion auf die Belastung durch Treppensteigen typischen Werte "Treppe oben", "nach Treppe Maximum" und "wieder Liegen Maximum" werden zu dem Mittelwert "MW-Tr" zusammengefaßt. Die eigentliche statistische Auswertung erfaßt somit von jeder normierten Periode die Mittelwerte im Liegen (MW-Li), unter aktiver Orthostase (MW-St), beim Gehen (MW-Ge), unter und nach Belastung durch Treppensteigen (MW-Tr) sowie wieder im Liegen (MW-WiLi), zusätzlich den Entspannungswert nach Belastung (EW-Tr).

In den Tabellen sind die einzelnen Mittelwertbestimmungen und Differenzbildungen der Ruheblutdrucke zu Belastungsblutdrucken zu den einzelnen Tagen und korrespondierenden Zeitpunkten mit ihrem arithmetischen Mittelwert ($\bar{x}$, $\bar{D}$) und der Standardabweichung (Sx , SD) angegeben. Auf statistische Signifikanz einer Änderung wurde geschlossen, wenn für $p = 0,95$ der Wert Null außerhalb der jeweils angegebenen unteren (V_{bu}) und oberen Grenzen (V_{bo}) des Vertrauensbereiches lag.

Bei dem Vergleich der von uns gefundenen Mittelwerte untereinander (zu korrespondierenden Tageszeiten aufeinanderfolgender Tage) erwarteten wir in den wenigsten Fällen statistisch signifikante Unterschiede. In den Tabellen IX - XII sind die Ergebnisse der Grenzdifferenzberechnung der Mittelwertsdifferenzen aufgeführt. Die Grenzdifferenzen errechnen sich aus der Reststreuung der zweifachen Varianzanalyse (Faktor A = Zeitpunkte, entsprechend den normierten Perioden; Faktor B = Patienten) nach der Formel

$$GD = t \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot s_R^2}{n_j}}$$

wobei s_R^2 die Restvarianz der Varianzanalyse und n_j der Stichprobenumfang ist*.

* Für die Durchführung der Berechnungen sind wir Herrn Dr.F.Knappen und Herrn Schaeffgen, Biometr.Abt., Fa. Boehringer Ingelheim, zu Dank verbunden.

4. Ergebnisse

4.1. Ruheblutdruck von Tag zu Tag:

Wie einleitend erwähnt, wurden verschiedene Methoden erprobt, einen möglichst niedrigen "Bezugsblutdruck" zu finden. In Anlehnung an MEESMANN (59) wurden unsererseits niedrigste Werte etwa 10 - 15 Minuten nach Belastung durch Treppensteigen am wieder liegenden Patienten gemessen, der "Entspannungswert" (EW-Tr) (53).

In der Tab. III sind die Entspannungswerte des Kollektivs zu drei Tageszeiten aufgeführt, entsprechend der Abb. 17. Beispielsweise betrug der mittlere Entspannungswert am 2. Tag der Messung morgens 156/92 mmHg, mittags 151/88 mmHg und abends 158/91 mmHg.

Deutlich niedriger waren die Schlafwerte; der niedrigste Druck betrug in der 2. Nacht 128/73 mmHg, der mittlere 147/87 mmHg. An diesen Werten zeigt sich die in der Regel voll erhaltene Regulationsfähigkeit im Tag-Nacht-Rhythmus des Hypertonikers, dessen Kreislaufsystem nachts bis auf normotensive Werte entlastet wird.

Auch bei 2 unserer 3 Hypertoniker des WHO-Stadiums III war diese Anpassungsfähigkeit des Kreislaufs noch erhalten, wie aus der Kasuistik der Tab. IV hervorgeht: Patient Nr. 7 erreicht als Schl.Min. durchschnittlich 140/75 mmHg, Patient Nr. 8 durchschnittlich 135/85 mmHg.

Vergleicht man die Mittelwerte der Ruheblutdrucke (Abb. 17, Tab. III) des gesamten Kollektivs zu entsprechenden Meßzeit-

punkten (morgens - beispielhaft wurde die zweite Morgenperiode zur Auswertung herangezogen -, mittags, abends) vom 1. zum 2. zum 3. und zum 4. Tag, so zeigt sich eine gute Übereinstimmung. Die Mittelwerte zu vergleichbaren Meßzeitpunkten differieren in der Regel systolisch und diastolisch um weniger als 4 mmHg, meist um 1 - 2 mmHg. Die Ausnahme stellt der Entspannungswert der allerersten, abendlichen normierten Periode zu Beginn der Messung dar, er liegt systolisch 6 mmHg und diastolisch 4 mmHg über den Werten am 2. und 3. Abend. Diese Abweichung läßt sich zwanglos mit dem emotionalen Einfluß der eine Stunde zuvor erfolgten Arterienpunktion, der gesamten ungewohnten Situation und möglicherweise durch den Zeitpunkt des Untersuchungsbeginns erklären, indem nämlich besonders abends eine überschießende Blutdruckreaktion auf "Belastung" zu erwarten ist (53). Die entsprechenden Differenzen der Blutdruckmittelwerte vom 1. Tag zum 2. Tag und vom 1. Tag zum 3. Tag fielen auf dem 1%-Niveau signifikant aus. - Gleichzeitig läßt sich aus der Abb. 17 die bekannte Tag-Nacht-Rhythmik erkennen, die sich von Tag zu Tag in gleichem Maße wiederholt.

Die systolischen Mittelwerte für niedrigste und durchschnittliche Drucke im Schlaf (Schl.Min. und Schl.Mit.) fallen von der 1. zur 2. zur 3. Nacht um nur 1 mmHg ab, diastolisch betragen die Differenzen bis 3 mmHg. Wie aus der Tab. IX ersichtlich, sind die Blutdrucke im Schlaf der 3 Nächte nicht signifikant voneinander verschieden.

Individuell betrachtet ist eine so gute Übereinstimmung der zu korrespondierenden Zeitpunkten erhaltenen Werte nicht zu erwarten. Stellt man von jedem WHO-Stadium 3 Patienten etwa

vergleichbaren Alters zusammen und betrachtet einerseits den niedrigsten Blutdruck im Schlaf der drei Nächte (Abb. 18, Tab. IV) und andererseits den hohen Blutdruck unter Treppensteigen (Abb. 19, Tab. IV) an drei Abenden, ergibt sich folgendes Bild:

Intraindividuell werden von Tag zu Tag fast nie die gleichen Werte gemessen, wobei die geringsten Schwankungen im WHO-Stadium I im Schlaf auftreten (unter Treppensteigen jedoch werden auch hier teilweise große Differenzen festgestellt). Die größte Differenz der Nachtwerte zeigt Patient Nr. 4: In der 2. Nacht betrug der niedrigste Blutdruck 151/90 mmHg, in der 3. Nacht 102/48 mmHg. Die maximale Differenz unter Treppensteigen ergab sich bei Patient Nr. 1: am 1. Tag 185/100 mmHg, am 3. Tag 149/80 mmHg. Dabei verhalten sich Blutdruck im Schlaf und unter Belastung nicht unbedingt gleichsinnig, d.h., liegt z.B. bei Patient Nr. 1 der niedrigste Wert im Schlaf in der 1. Nacht unter dem der 2. Nacht, ist vice versa der Belastungsdruck am 1. Abend höher als am 2..

Bemerkenswerterweise wurden die höchsten Werte nur bei einem Drittel der 9 Patienten am 1. Abend oder in der 1. Nacht gemessen, was die psychische Belastung des Messungsbeginns doch nicht so bedeutsam erscheinen läßt. Dagegen ist bei Betrachtung des Gesamtkollektivs (Mittelwerte der Ruheblutdrucke, Abb. 17) in der Regel ein geringes Abfallen des systolischen und diastolischen Druckes im Verlauf der Messung von Tag zu Tag zu beobachten, wenn auch nicht statistische Signifikanz erreicht wird.

Wie wenig sich Emotionen im Verlauf der Messung einer normierten Periode auswirken, zeigt der Vergleich der Entspannungsdrucke der ersten und zweiten Hälfte der morgendlichen Periode (Tab. III). So ist bei der ersten morgendlichen normierten Periode (am 2. Tag der Messung) der erste Ruhewert 158/92 mmHg, der zweite 156/92 mmHg. Am dritten Tag ist die Differenz kleiner: erste Hälfte 155,5/89,9 mmHg, zweite Hälfte 154,2/89,7 mmHg. Am vierten Tag ist bei der letzten Periode, vielleicht in Erwartung der Beendigung der Messung, der zweite Entspannungswert höher als der erste: 154,4/89,5 und 155,3/89,4 mmHg. Bei der Geringfügigkeit der Mittelwertsunterschiede sind diese Aussagen allerdings nur zurückhaltend zu treffen.

4.2. Belastungsreaktion von Tag zu Tag:

Das absolute Ausmaß der Belastungsreaktion ist aus den Abb. 20 - 22 und den entsprechenden Tabellen VI - VIII zu ersehen; hier werden einheitlich deutlich pathologische Werte erreicht: So ist bei der Belastung nur durch Stehen ein diastolischer Druck meist über 100 mmHg zu verzeichnen, beim Gehen beträgt der durchschnittliche Wert am Abend des 2. Tages 180/101 mmHg, unter Treppensteigen liegen an jedem Abend die systolischen Werte deutlich über 200 mmHg, die diastolischen über 100 mmHg.

Um das Ergebnis der Belastungsreaktion zu verdeutlichen, wurden die Mittelwertsdifferenzen Belastungsdruck minus mittlerer Blutdruck im Liegen, also MW-St. minus MW-Li., MW-Ge. minus MW-Li. und MW-Tr. minus MW-Li. (Abb. 20 - 22, Tab. VI - VIII) verglichen. Hierbei ist wesentlich für die Beurteilung,

daß die reinen Mittelwerte (Tab. V), vor der Differenzbildung zu MW-Li, im Vergleich von Tag zu Tag keinen statistischen Unterschied zeigen (Tab. IX - XIII). Lediglich die Mittelwerte der diastolischen Differenzen im Gehen untereinander aus der morgendlichen Periode des 2. Tages (Tab. X) differieren signifikant zum 3. und 4. Tag, die Originalwerte liegen am 3. und 4. Tag 4 bzw. 5 mmHg niedriger. Möglicherweise ist dies Ausdruck eines gewissen auf die diastolische hypertensive Reaktion dämpfend wirkenden Trainingseffektes bei wiederholter körperlicher Belastung.

Insgesamt jedoch zeigen die Belastungsdrucke unter Berücksichtigung der diurnalen Rhythmik prinzipiell eine gute Übereinstimmung von Tag zu Tag. Die Ausnahme stellt wieder, analog zu den Spannungswerten, die erste, abendliche Periode unmittelbar nach Anschluß der Apparatur dar: Wie die Tab. XII zeigt, sind alle Differenzen der Mittelwerte des 1. Abends im Liegen und unter Belastung zum 2. und 3. Abend signifikant. Die Ergebnisse dieser ersten normierten Periode sollten jedoch wegen der Besonderheit der Situation (unmittelbar vorangegangene Punktion einer Brachialarterie) bei der wertenden Gegenüberstellung von Tag zu Tag als Sonderfall betrachtet werden.

In der Orthostasereaktion am 2. Tag beträgt die systolische Differenz Stehen minus Liegen morgens - 6,08 mmHg, mittags nur noch - 0,45 mmHg, ist abends jedoch mit 2,66 mmHg positiv, d.h., im Verlauf des Tages wird der relative Druckabfall durch Orthostase geringer, bzw. gleicht sich völlig aus. Auch am 3. Tag ist die diurnale Rhythmik gleichsinnig, dabei sind die jeweiligen Differenzen Stehen minus Liegen noch we-

niger ausgeprägt. Die morgendliche Messung des 4. Tages bestätigt den Trend. Insgesamt zeigen die diastolischen Differenzen die geringsten Veränderungen.

Eine deutliche Tagesrhythmik zeigt auch die Blutdruckreaktion auf Belastung durch Gehen (Abb. 21) und Treppensteigen (Abb. 22); diese Rhythmik bestätigt sich von Tag zu Tag.

Die geringe Belastung durch Gehen führt bereits zu einer Differenz des Mittelwertes Gehen minus Liegen von systolisch morgens 10,9 mmHg, mittags 16,4 mmHg und abends 19,0 mmHg am 2. Tag. Am 3. und 4. Tag sind alle Differenzen bis maximal 2,4 mmHg kleiner, es ergibt sich die gleichsinnige Abstufung der Abb. 21. Die Mittelwertsdifferenzen innerhalb eines Tages sind sowohl systolisch als auch diastolisch signifikant, wobei die diastolischen Differenzen weniger ausgeprägt sind als die systolischen. Im Vergleich zeitlich korrespondierender Werte von Tag zu Tag zeigen sich kaum Unterschiede, ein Signifikanzniveau wird nicht erreicht.

Die hypertensive Reaktion auf Treppensteigen (entsprechend einer fahrradergometrischen Belastung von etwa 80 Watt) ist wesentlich stärker ausgeprägt als auf Gehen, es kommt hier, wieder im Vergleich zum vorangehenden Ruhewert im Liegen, zu einem mittleren Druckanstieg am 2. Tag von systolisch 33 mmHg morgens bis 43 mmHg abends, diastolisch von 7 - 10 mmHg (Abb. 22, Tab. VIII). Diese Differenzen sind signifikant verschieden von Null. Die Blutdruckamplitude nimmt gegenüber der Belastung durch Gehen weiter zu, der systolische Druck relativ mehr als der diastolische. Auch hier ist die gleiche Tagesrhythmik wie beim Gehen zu beobachten, die sich

von Tag zu Tag bestätigt: Die Druckbelastung des Gefäßsystems ist mittags und abends deutlich höher als morgens, die größte Differenz besteht zwischen morgens und mittags. Die diastolischen Differenzen sind sowohl diurnal als auch von Tag zu Tag nur geringfügig und etwas weniger ausgeprägt als bei der Belastung durch Gehen.

Die zwar geringe, jedoch regelmäßige Minderung des Druckanstieges sowohl bei Belastung durch Gehen und Treppensteigen als auch die geringere Ausprägung des systolischen Blutdruckanstieges unter Orthostase im Verlauf der Messung von Tag zu Tag läßt sich am ehesten durch einen gewissen Trainingseffekt erklären, indem durch die wiederholte gleichsinnige Belastung eine Anpassung des Kreislaufsystems mit "Ökonomisierung" der Blutdruckreaktion erfolgt.

5. Diskussion

5.1. Methode und Patientengut:

Nachdem mit der indirekten Methode bei richtiger Anwendung gute Meßergebnisse in Ruhelage des Patienten zu erwarten sind, trifft das bei körperlicher Aktivität des Untersuchten nicht mehr zu (u.a. 5,34,36,47): Der systolische Druck wird zu hoch gemessen und der diastolische zu tief; gelegentlich können die KOROTKOV-Geräusche sogar bis Null herunter zu hören sein. Soweit man durch indirekte Messung die Blutdruckverhältnisse am sich-frei-bewegenden Probanden überhaupt verfolgen kann, sind durch die Bewegungen des Körpers und des Armes Störgeräusche nicht zu vermeiden, auch ist der korrekte Sitz der auskultierenden Membran nicht immer gewährleistet (4,95); allenfalls ist körperliche Aktivität auf dem Fahrradergometer möglich, wo der Arm während der Messung ruhig gehalten werden kann.

Wegen der beschränkten Möglichkeit der längerfristigen Wiederholbarkeit von Einzelmessungen in kleinen Zeitabständen wurden die diversen halb- und vollautomatischen, tragbaren und stationären Apparaturen zur indirekten Messung entwickelt (s. Einleitung, auch 30, 40, 48, 56, 79). Aus den oben genannten Gründen fällt jedoch noch immer eine hohe Quote nicht verwertbarer Ergebnisse an, nicht zuletzt fühlen sich die Patienten durch die wiederholten Manschetteninsufflationen beeinträchtigt.

Mit der in 3.1. 'beschriebenen Mikrokatheter-Telemetrie war es uns möglich, ohne Ungenauigkeiten und Störfaktoren der

indirekten Meßmethode unsere Untersuchung über 63 Stunden durchzuführen; aufgrund der mittlerweile ausgereiften Technik scheinen uns durchgehende Messungen auch über die doppelte Distanz möglich. Vor allen Dingen waren wir unabhängig von den "Prüfstandbedingungen" und der Ortsgebundenheit der Ergometerbelastung, um so Aussagen über das alltägliche Blutdruckverhalten als wesentliches Kriterium der tatsächlichen Herz-Kreislaufbelastung treffen zu können.

Das Patientengut war inhomogen bezüglich des Schweregrades der Hypertonie, des Alters und des Geschlechtes. Drei Viertel des Kollektivs bestand aus Hypertonikern des WHO-Stadiums II, 58 % waren männlichen Geschlechts, das Durchschnittsalter betrug 46,7 Jahre, wobei die beiden jüngsten Patienten 21 und 32 Jahre, die beiden ältesten 63 und 71 Jahre alt waren.

Eine Altersabhängigkeit bezüglich der maximalen Gesamtvariabilität innerhalb 24 Stunden (Max.V.) ist für die systolischen Werte kaum nachzuweisen, die maximale diastolische Blutdruckvariabilität in jüngeren Jahren ist etwas größer als bei älteren Patienten (53); bei der kollektiven Betrachtung des Blutdruckverhaltens von Tag zu Tag ist diese Altersabhängigkeit zu vernachlässigen.

Bezüglich des Schweregrades der Hypertonie ist eine Tag-Nacht-Rhythmik zumeist auch bei Patienten mit maligner Hypertonie nachweisbar, wie von BEVAN und Mitarb. (17) beispielhaft bei einer 41jährigen Patientin illustriert wurde. Bei 18 Hypertonikern des WHO-Stadiums III (53) war nur noch der niedrigste Blutdruck im Schlaf signifikant von den Ruhe-

werten am Tag verschieden, für den mittleren Schlafblutdruck ließ sich kein Unterschied mehr feststellen. Nach HAMMARSTRÖM (35) ist das Ausmaß der 24-Stunden-Blutdruckvariabilität in der Gruppe der mittelschweren Hypertonien am größten, in der Gruppe der schweren Hypertonien aber immer noch größer als bei Patienten mit leichter Hypertonie.

Bei den 3 Hypertonikern des WHO-Stadiums III in der vorliegenden Untersuchung war die maximale Variabilität (Max.V., Tab. I) sehr unterschiedlich mit einer Differenz von 29/3 mmHg, 95/27 mmHg und 40/12 mmHg zwischen MW-Tr. am Abend und dem Minimalwert im Schlaf, im Mittel vergleichbar mit der durchschnittlichen Variabilität von 69 Hypertonikern des Stadiums II (53), die 45/18 mmHg betrug.

5.2. Reproduzierbarkeit der Ruheblutdrucke von Tag zu Tag:

Carl MÜLLER (66) untersuchte bei 64 Kreislaufgesunden im Alter zwischen 15 und 45 Jahren die Relation des niedrigsten systolischen Druckes am Tag zum niedrigsten Druck in der Nacht nach abendlicher Veronal-Medikation. Die Messungen gingen über mindestens 2 Tage, die nächtlichen Messungen begannen 1 - 2 Stunden nach Beginn des Schlafs; nähere Angaben über die Zeitintervalle zwischen den einzelnen Messungen (nach RIVA-ROCCI, Ablesen des systolischen Wertes bei Einsetzen der Oszillationen) fehlen. Nach MÜLLER war der Zeitpunkt des niedrigsten "Nachtdruckes" schwierig zu fixieren, und "in der Regel wird das Blutdruckminimum bei derselben Person von Nacht zu Nacht nur wenig variieren, sofern der Schlaf tief ist", meist um 5 mmHg, nicht selten 10 - 20 mmHg.

Diese Differenzen (der Mittelwerte, ganz selten intraindividuell) fanden sich auch bei den von uns untersuchten WHO I-Patienten, die größten Schwankungen von Nacht zu Nacht waren bei den WHO II-Patienten zu beobachten (Tab. III, Ab. 17). MÜLLER fand "auffällig häufig" die höheren Werte in der ersten Nacht, was unsere Mittelwerte Schl.Min. mit systolisch 129 mmHg in der 1. Nacht, 128 mmHg in der 2. und 126 mmHg in der 3. Nacht bestätigen können.

Die durchschnittliche Differenz zwischen niedrigstem systolischen Tag- und Nachtdruck lag bei MÜLLER bei 24 mmHg, im Vergleich mit der Differenz unserer gemittelten Schl.Min. zum mittäglichen EW (Tab. III) findet sich eine überraschend gute Übereinstimmung mit 24 mmHg am 2. und 26 mmHg am 3. Tag.

"Bei normalen erwachsenen Menschen im Alter von 45 Jahren und darunter, finden wir bei Messung in zwei oder mehr Nächten bei tiefem Schlaf, daß der Blutdruck unabhängig von seiner Höhe am Tage auf ein Niveau fällt, das für den Mann um 94 mm und für die Frau um 88 mm liegt, und daß Abweichungen von dieser Mittelzahl sehr gering sind, in der Regel kleiner als 5 mm, und nie über 9 mm." - Diese Werte werden von den meisten unserer Hypertoniker des WHO-Stadiums I erreicht, vereinzelt auch deutlich unterschritten, so daß sie nach MÜLLER's "Normalwerte im Schlaf" als Kreislaufgesunde einzustufen wären.

Bei 11 Patienten mit "gutartiger Hypertonie" fand MÜLLER den niedrigsten systolischen Tagdruck mit 154 mmHg, also den durchschnittlichen Ruheblutdruckprofilen (Entspannungswerte Tab. III) unseres Gesamtkollektivs entsprechend. Der durchschnittliche niedrigste "Nachtdruck" betrug 126 mmHg,

bis auf 1 - 2 mmHg genau mit unseren Schl.Min. dreier Näch-
te übereinstimmend. Summarisch fand MÜLLER den Blutdruckab-
fall nachts bei Hypertonikern bedeutend größer als bei Ge-
sunden, auch "daß der Blutdruckfall mit steigendem Tag-
druck wächst"; er mußte in einzelnen Fällen aber Nacht für
Nacht untersuchen, bis es ihm gelang, überhaupt einen Blut-
druckabfall nachzuweisen.

Die guten Übereinstimmungen der Messungen am Tage mit un-
seren Ergebnissen unterstreichen die Zuverlässigkeit der
Methode nach RIVA-ROCCI am ruhenden Patienten. Daß als
Schlaf-Minima bei Gesunden von MÜLLER nicht niedrigere Wer-
te gefunden wurden, als sie von unseren WHO-I-Patienten auch
erreicht wurden, ist nur unbefriedigend erklärbar mit der
geringeren Schlaftiefe wegen ständiger Manschetteninsuffla-
tionen, denn bei dem Patientenkollektiv mit "gutartiger
Hypertonie" stimmt die Korrelation zu unseren Ergebnissen.

DIEHL (27) stellte bei 100 gesunden männlichen Studenten
über 6 aufeinander folgende Tage je eine morgendliche und
abendliche Messung am sitzenden Probanden an. Der durch-
schnittliche morgendliche Blutdruck war 114,9, der abend-
liche 124,4 mmHg (arterieller Mitteldruck). Die Standardab-
weichung als bestes Maß der Variabilität ergab als morgend-
liches Mittel 5,57, abends 5,86. Die Variabilität von Tag
zu Tag anhand der Standardabweichung und der Schwankungen
war in den morgendlichen und abendlichen Messungen prak-
tisch dieselbe. Mit einer durchschnittlichen morgendlichen
Schwankung von 16,29 mmHg und einer abendlichen von 17,86
mmHg und einer Gesamtschwankungsbreite von 29,47 mmHg "it
would seem that in any consideration of individual blood

pressure readings the possibility of at least as much "normal" variation as this would have to be considered." Intraindividuell war in einigen Fällen der Unterschied zwischen Morgen- und Abendwert durchweg groß genug, daß der eine Wert als normal und der andere als hypertensiv angesehen wurde, und in anderen Fällen war die Variabilität von Tag zu Tag bei der gleichen Person ausreichend groß, daß der Blutdruck an einem Tag als normal und am anderen als hypertensiv betrachtet werden konnte.

Diese Beobachtung läßt heute die einmalige Blutdruckmessung als repräsentative Befunderhebung obsolet erscheinen. Auch im intraindividuellen Vergleich der Mittelwerte in unserer kasuistischen Betrachtung von 3 WHO-I-Patienten (Tab. IV) betragen die Differenzen der MW-Tr., die sich aus drei charakteristischen, definierten Belastungswerten unter Treppensteinen zusammensetzen, von Tag zu Tag noch zwischen 10 und 30 mmHg, wobei bei einer Blutdruckvariabilität der Hypertoniker dieses Stadiums, die noch mit derjenigen Gesunder vergleichbar ist, durch die Mittelung dreier Drucke die extremen Schwankungen ausgeglichen sein sollten. Daraus erhellt, wie auch KRÖNIG (53) bezüglich der Wertung der Entspannungswertbestimmung nach MEESMANN (59) im Vergleich zur Basalblutdruckbestimmung nach SMIRK (84) zeigen konnte, daß sinnvollerweise eine möglichst große Zahl von Blutdruckmessungen eines Patienten herangezogen werden soll, um zu einer individuellen Beurteilung der tatsächlichen Kreislaufverhältnisse eines Hypertonikers zu gelangen.

In der einleitend angeführten Arbeit von KILPATRICK (50) wird die Messung des Basal-Blutdrucks als sinnvolle Maßnahme

zur Beurteilung des Therapieerfolges bei Hypertonikern angegeben. In einer Kombination der Methoden des "Combined Committee von Blood Pressure Measurement" und derjenigen von ALAM und SMIRK (2) werden unter definierten Bedingungen ("when the subject was in the basal metabolic state and was free from states of emotion or mental alertness") im morgendlichen Halbschlaf in 20 - 30 Minuten zwei Messungen pro Minute nach RIVA-ROCCI-RECKLINGHAUSEN-KOROTKOV durchgeführt. Die drei niedrigsten Werte dieser Serie stellen den Basal-Blutdruck dar.

Abgesehen davon, daß hier nicht die niedrigsten Werte, häufig auch nicht annähernd, erfaßt werden (die Abb. 13 und 14 zeigen beispielhaft, wie nach Beendigung des Schlafs der Blutdruck ansteigt), ist nach KILPATRICK die Wiederholung der immerhin recht aufwendigen Bestimmung erforderlich, damit die Konstanz der Basalwerte signifikant wird. Die erste Messung sollte also ausgeklammert werden, denn "there is a general tendency for the first basal pressure in each subject to be high". - Diese Tendenz ist eindeutig auch bei unseren Messungen zu erkennen (z.B. Tab. III). Obwohl KILPATRICK's Messungen an 33 Probanden (11 Normalpersonen und 22 Hypertoniker) an 4 - 7 Tagen, die über einen Zeitraum von 2 - 4 Wochen verteilt waren, vorgenommen wurden, ergab sich eine relativ hohe Beständigkeit der Meßwerte, insbesondere der Basalblutdrucke der Normalpersonen und der Hypertoniker (etwa dem WHO-Stadium II zuzuordnen). Weniger konstant waren die den Basalblutdrucken gegenübergestellten Gelegenheitsblutdrucke, wie bereits in Kap. 1.2. ausgeführt. Allerdings ergab sich bei den Blutdruckgesunden durch die wiederholte Vornahme der Messungen, "that the casual pressure would fall

and the readings observed would show some degree of false constancy not actually to be expected in a series of truly casual readings". Nicht ganz ersichtlich ist hierbei, wie-so die Wiederholung der Messungen, die bei der Basalblutdruckbestimmung wegen der zu hohen Anfangswerte erstrebt wird, bei den Gelegenheitsblutdrucken zu einer "falschen Konstanz" führt.

Unmittelbare Zahlenvergleiche dieser Arbeit mit der unsrigen lassen sich nicht durchführen, da KILPATRICK's Kurven aus kasuistischer Betrachtung resultieren, ohne Angabe der Ausgangswerte. Auch beinhalten die Messungen der Gelegenheitsblutdrucke als einzigen Standard: Messung am linken Arm in Herzhöhe des sich zurücklehrenden Patienten, unabhängig von z.B. vorangegangener körperlicher Anstrengung. Unter diesem Gesichtspunkt sind die Blutdruckschwankungen von Tag zu Tag relativ gering, nämlich bei den Blutdruckgesunden von durchschnittlich etwa ± 10 mmHg (Vergleich Basalblutdruck: ± 5 mmHg), bei den Patienten mit leichten Hypertonien bis 160 mmHg systolisch Schwankungen von etwa ± 15 mmHg (Vergleich Basalblutdruck: ± 5 mmHg) und bei den schweren Hypertonien etwa ± 20 mmHg (Vergleich Basalblutdruck: etwa ± 10 mmHg).

Die Untersuchungsergebnisse von ATHANASSIADIS (7), die Aussagen über das Ruheblutdruckverhalten von Tag zu Tag machen, lassen sich gut mit den unsrigen vergleichen. Die durchschnittlichen Blutdrucke der 10 normotonen jungen Männer in ATHANASSIADIS' Studie, gemessen mit der automatischen Doppelmanschette über vier bis fünf 24-Stunden-Perioden, sind auffällig konstant. Ein typischer diurnaler Verlauf ist trotz der relativ hohen Auflösung der 5minütigen Messungen

nicht zu erkennen; signifikante Schwankungen treten nur im Schlaf auf. Zeichen der Adaptation an die Apparatur sind ebenfalls nicht zu erkennen: Zum Teil sind die Drucke der ersten 24-Stunden-Perioden sogar niedriger als die der folgenden. Der Umstand, daß die Messungen ausschließlich an bettlägerigen Patienten (längere stationäre Behandlung wegen Knochenbrüchen) vorgenommen wurden, vermag diese Beobachtung nicht hinreichend zu erklären.

Die so erhaltenen Ruheblutdrucke (angegeben ist lediglich ein 24-Stunden-Mittelwert je Patient) differieren intraindividuell von Tag zu Tag bemerkenswert gering, durchschnittlich um 2 mmHg systolisch, auch nach einem messungsfreien Intervall von 1 - 2 Wochen. Ob diese relative Konstanz durch die permanente Bettruhe mit der fehlenden Kreislaufbelastung zu erklären ist, sollte ein Vergleich mit einem entsprechenden Hypertoniker-Kollektiv zeigen.

In der Tab. XIII sind von 10 Hypertonikern unseres Kollektivs jeweils die Mittelwerte verschiedener Ruheblutdrucke im Liegen (uns zwar aus jeder der vier normierten Perioden jeweils 3 Werte der Liegen- und Wieder-Liegen-Phase sowie der 6 Einzelwerte, die zur Bildung des mittleren Blutdrucks während des Nachtschlafs herangezogen wurden) des 2. und 3. Tages einander gegenübergestellt. Dabei zeigt sich eine erstaunliche Konstanz der Ruheblutdrucke von Tag zu Tag (Tab. XIII): Systolisch (und diastolisch) differieren die Mittelwerte um durchschnittlich 3,7 mmHg

(ATHANASSIADIS' Normotoniker 1,6 mmHg). 4 von 10 Patienten differieren zwischen 6 und 9 mmHg systolisch; in Relation zu den hypertonen Ausgangswerten entsprechen auch diese Differenzen noch denen der Normotoniker. Also verhalten sich die Ruheblutdrucke von Normotonikern unter ständiger Bettruhe (7) und von Hypertonikern mit normalem Tagesablauf bezüglich der Konstanz von Tag zu Tag gleich; ständige Bettruhe beeinflusst das Ruheblutdruckverhalten nicht.

5.3. Reproduzierbarkeit der Belastungsblutdrucke von Tag zu Tag:

Die Arbeit von KAIN und Mitarb. (46) sollte ähnlich wie die unsrige Aussagen über das Verhalten des alltäglichen Blutdruckes ermöglichen. Die Autoren untersuchten die Variabilität der mit dem halbautomatischen Sphygmomanometer erhaltenen Werte dreier täglicher, konsekutiver 12-Stunden-Perioden von 26 Patienten aller Hypertonie-Schweregrade. Das Durchschnittsalter betrug 44,5 Jahre, der gemittelte Gelegenheitsblutdruck des Kollektivs 170/104 mmHg. Mit halbstündigen Messungen, durch den Patienten selbst mittels Knopfdruck vorgenommen, war eine Studie möglich, "heretofore unfeasible, of variations in a human subjects blood pressure under the usual stress of daily living." Die so erhaltene relativ große Zahl von Einzelmessungen läßt also gut Vergleiche mit unseren Ergebnissen zu.

So sind bei KAIN der systolische und diastolische Druck des Kollektivs am 1. Tag signifikant höher als am 2. und 3. Tag, besonders an den ersten beiden der über den Tag verteilten 4 Meßzeitpunkte. An allen Tagen fällt der Blutdruck nach dem

morgendlichen Beginn der Messung über 6 Stunden hinweg ab, um ab etwa 14 Uhr wieder anzusteigen. Regelmäßig ist dabei der morgendliche Blutdruck höher als der abendliche, was nicht dem bekannten biphasischen Kurvenverlauf der diurnalen Blutdruckrhythmik mit den höchsten Werten am Abend entspricht, wie auch aus unseren Abb. 21 und 22 ersichtlich. Die relativ zu hohen morgendlichen Werte in KAIN's Arbeit sind vermutlich Ausdruck der emotionalen Reaktion auf die morgendliche Anschlußprozedur. Eine allgemeine Adaptation an die Messung läßt sich aus den von Tag zu Tag niedrigeren Blutdruckniveaus erkennen; hier decken sich KAIN's Ergebnisse mit unseren Beobachtungen.

Diese Druckabfälle von Tag zu Tag, die in gleicher Weise auch für die hypertensive Reaktion auf alltägliche Belastung (Abb. 20 - 22) nachweisbar sind, entsprechen sicher nicht den einleitend angeführten Befunden von SARRE (75), MOELLER und HEYDER (63) und GELINOV (33), die wir nicht bestätigen können (unsere Messungen begannen durchschnittlich am 3. Tag der stationären Behandlung), sondern sind eher erklärbar mit zunehmender Gewöhnung an die tragbare Apparatur und der Anpassung von Herz- und Kreislaufverhalten an die ständige, Wiederholung gleichsinniger Belastung im Sinne eines körperlichen Trainings. Darauf hin deuten die im Verlauf der Messung von Tag zu Tag in der Tendenz abfallenden absoluten Mittelwerte bei Belastung durch Gehen und Treppensteigen (Tab. VII, VIII), wobei allerdings die Differenzen zum Teil nur 1 mmHg systolisch betragen.

Umgekehrt verhalten sich jedoch die Blutdrucke unter der Belastung durch Stehen. Sie nehmen von Tag zu Tag zu, am

stärksten mittags und abends, hier beträgt der Unterschied 3 - 4 mmHg (der erste Abend sei wieder nicht berücksichtigt). Der Begriff "körperliches Training" ist offenbar für die Orthostasebelastung anders zu deuten, nämlich als "Training der Orthostasereaktion", wie das gegenläufige Blutdruckverhalten im Vergleich zu Gehen und Treppensteigen zeigt. Nach STEGEMANN (85) ist die Orthostasetoleranz von Ausdauertrainierten (Sportlern) im Vergleich zu Untrainierten erheblich schlechter: Nach über 6 Stunden simulierter Schwerelosigkeit kollabierten alle Trainierten nach etwa 2 - 6 Minuten Orthostasebelastung - je besser der Trainingszustand, desto kürzer die Zeit bis zum Kollaps - während die Untrainierten keinerlei Schwierigkeiten hatten.

Da also im Verlauf der Messung unter Belastung durch Stehen der Blutdruck sich umgekehrt verhält wie unter Belastung durch Gehen und Treppensteigen, muß dieses Verhalten durch die Art der Belastung verursacht sein und kann nicht als Folge der psychischen Adaptation an die Messung mit abnehmender emotioneller Belastung angesehen werden, wo man ein generelles Abfallen des Blutdrucks erwartete.

Weitere zur Diskussion heranzuziehende Ergebnisse der Literatur - insbesondere auch solche von kontinuierlichen direkten Blutdruckmessungen - sind uns nicht bekannt geworden.

6. Zusammenfassung

Blutdrucklangzeitmessungen über Tage hinweg waren bisher nur vereinzelt durchgeführt worden, wobei die indirekte, unblutige Meßmethode zur Anwendung kam. Hiermit wurden schon vor über 50 Jahren verwertbare Aussagen über das Blutdruckverhalten des ruhenden Patienten getroffen, im Schlafe und im Wachzustand.

Mit der Verwendung der arteriellen Verweilkanüle in Verbindung mit elektromechanischem Druckwandler und Telemetrie konnten erstmals technisch einwandfreie Blutdruckmessungen am sich-frei-bewegenden Probanden vorgenommen werden.

In der vorliegenden Studie wurde bei 38 Hypertonikern mittleren Alters über zweieinhalb Tage mit Hilfe der Mikrokateter-Blutdrucktelemetrie das Verhalten des Ruhe- und des Belastungsblutdrucks untersucht. Es handelte sich um Hypertoniker aller drei WHO-Schweregrade, in der Mehrzahl des Stadiums II, ohne blutdrucksenkende Medikation.

Die Messung am frei-sich-bewegenden Patienten wurde kontinuierlich über 63 Stunden hinweg durchgeführt und die Ergebnisse auf Papier- und Magnetband aufgezeichnet. Um vergleichbare Daten zu erhalten, wurde morgens, mittags und abends unter definierten Bedingungen gemessen, den sog. normierten Perioden. Sie umfaßten physiologische, alltägliche Belastungen: Nach 20 min. Liegen folgten 10 min. Stehen (aktive Orthostase), 10 min. Gehen und Treppensteigen über zwei Stockwerke, anschließend wieder 20 min. Ruhepause.

Der Vergleich eines einzigsten definierten Wertes desselben Patienten von Tag zu Tag zeigte die Unzuverlässigkeit dieses Verfahrens (Tab. IV und Abb. 18 und 19); der niedrigste Blutdruck im Schlaf bzw. der relativ hohe Wert unter Trep-
pensteigen am Abend ist von einem Tag zum anderen intrain-
dividuell nicht reproduzierbar.

Gewinnt man dagegen einen Mittelwert aus einer größeren Anzahl von Einzelblutdrucken, sind die Differenzen von Tag zu Tag erheblich niedriger, die zufälligen Schwankungen sind ausgeglichen, und die Mittelwerte werden vergleichbar. So war in der Zusammenstellung der Tab. XIII (Ruheblutdruck-Mittelwerte von 10 Hypertonikern aus 18 Einzelablesungen) die Übereinstimmung von Tag zu Tag relativ gleich groß wie bei einem entsprechenden Kollektiv Blutdruckgesunder unter ständiger Bettruhe (7).

Folgerichtig sind definierte Mittelwertsbildungen aus den Blutdruckwerten des gesamten Kollektivs von 38 Patienten gut geeignet, Gesetzmäßigkeiten der Blutdruckvariabilität sichtbar zu machen.

So ließ sich aus der Abb. 17 die bekannte diurnale Rhythmik erkennen; die Ruheblutdrucke am Tage waren am niedrigsten um die Mittagszeit und am Abend höher als am Morgen, in der Nacht lagen die niedrigsten Werte unter 130/75 mmHg. Von Tag zu Tag war dieses Blutdruckverhalten reproduzierbar, wobei zu korrespondierenden Tageszeiten die Mittelwerte nicht signifikant voneinander verschieden waren. Unverhältnismäßig hohe Blutdrucke wurden im Verlaufe der ersten normierten Periode gemessen, die unmittelbar nach der für den Patienten

unangenehmen Punktion der Armarterie durchgeführt wurde. Zusätzlich war das ganze Ungewohnte der Umgebung und des Vorgangs geeignet, ein Blutdruck"niveau" zu erzeugen, das im Verlauf der Messung nicht annähernd mehr erreicht wurde.

Das Ausmaß der Belastungsreaktion zu verdeutlichen, wurden jeweils die Differenzen Belastungsblutdruck zu Ruheblutdruck im Liegen der gleichen normierten Periode gebildet.

Es zeigte sich, daß von Tag zu Tag die Differenzen etwas geringer wurden, also die Kreislaufbelastung abnahm. Für die Orthostasebelastung bedeutete das eine Zunahme des Blutdrucks, für Gehen und Treppensteigen eine Abnahme der absoluten Werte. Dieses Blutdruckverhalten wurde als Ausdruck eines Trainingseffektes gewertet; die Unterschiede von Tag zu Tag waren jedoch für ein Signifikanzniveau zu gering.

Für praktische Belange sind die hier gemessenen Blutdruckdifferenzen zu korrespondierenden Meßzeitpunkten von Tag zu Tag gewiß zu vernachlässigen, sie sind auch mit der Genauigkeit der indirekten Meßmethode kaum zu erfassen, jedoch verdient die Tagesrhythmik des Blutdruckverhaltens unbedingte Beachtung, da hier bedeutsame Differenzen in Ruhe und vor allem unter Belastung auftreten können.

7. Literatur

- 1.) ADDIS, T.: Blood Pressure and Pulse Rate Levels. First Paper: The Levels under Basal and Daytime Conditions.
Arch.intern.Med. 29, 539 (1922)
- 2.) ALAM, G.M. and F.H.SMIRK: Casual and Basal Blood Pressures. II. In Essential Hypertension.
Brit.Heart J. 5, 156 (1943)
- 3.) AMERY, A., S.JULIUS, L.S.WHITLOCK, J.CONWAY: Influence of Hypertension on the Hemodynamic Response to Exercise.
Circulation 36, 231 (1967)
- 4.) ANSCHÜTZ, F.: Über die Zuverlässigkeit der auskultatorisch ermittelten Blutdruckwerte unter körperlicher Belastung.
Fortschr.Med. 88, 1391 (1970)
- 5.) ANSCHÜTZ, F. und H.C.DRUBE: Über den Fehler der auskultatorischen Blutdruckmessung nach RIVA-ROCCI-KO-ROTKOV bei Kreislaufumstellungen.
Verh.dtsch.Ges.Kreisl.-Forsch. 20, 278 (1954)
- 6.) ASCHOFF, J., J.ASCHOFF: Tagesperiodik der orthostatischen Kreislaufreaktion.
Pflügers Arch. 306, 146 (1969)
- 7.) ATHANASSIADIS, D., G.J.DRAPER, A.J.HONOUR and W.I.CRANSTON: Variability of Automatic Blood Pressure Measurements over 24 Hour Periods.
Clin.Sci. 36, 147 (1969)
- 8.) AYMAN, D. and GOLDSHINE, A.D.: The breath-holding test: A simple standard stimulus of blood pressure.
Arch.Int.Med. 63, 899 (1939)

- 9.) *AYMAN, D. and A.D.GOLDSHINE: Blood Pressure Determinations by Patients with Essential Hypertension. I. The Difference between Clinic and Home Readings before Treatment. Amer.J.med.Sci. 200, 465 (1940)*
- 10.) *BACHMANN, K. und J.THEBIS: Die drahtlose Übertragung kontinuierlicher direkter Blutdruckmessungen. Z.Kreisl.-Forsch. 56, 188 (1967)*
- 11.) *BACHMANN, K. und J.THEBIS: Technik und Indikation der arteriellen, pulmonalen und intrakardialen Blutdrucktelemetrie. Elektromedizin 15, 6 (1970)*
- 12.) *BACHMANN, K., J.THEBIS, H.P.HEYNEN und N.GRAF: Die drahtlose Blutdruckregistrierung unter physiologischen Belastungen. Verh.dtsch.Ges.Kreisl.-Forsch. 33, 185 (1967)*
- 13.) *BARATH, E.: Blutdruckstudien an alternden Menschen. Ein Beitrag zur Pathogenese der arteriellen Hypertension. Z.ges.exp.Med. 54, 58 (1927)*
- 14.) *BARATH, E.: Arterial Hypertension and Physical Work. Arch.intern.Med. 42, 296 (1928)*
- 15.) *BASCH, S.von: Über die Messung des Blutdrucks beim Menschen. Z.klin.Med. 2, 1 (1881)*
- 16.) *BEHR, K., H.DUNER und G.MALMSTRÖM: Intraarteriellt blodtryck. Kontinuerlig registrering med telemetrisk dataöverföring. Nordisk Medicin 82, 1014 (1969)*
- 17.) *BEVAN, A., A.J.HONOUR and F.G.STOTT: Portable Recorder for Continuous Arterial Pressure Measurements in Man. J.Physiol. (Lond.) 186, 3P (1966)*

- 18.) BLUMBERG, R.: Über den Einfluß der Schwere auf Kreislauf und Atmung.
Arch.Ges.Physiol. 37, 467 (1885)
- 19.) BOCK, K.D.: Fehler und Gefahren bei der Hochdruckbehandlung.
Dtsch.med.Wschr. 88, 836 (1963)
- 20.) BOCK, K.D. und W.KREUZENBECK: Über die Tagesschwankungen des arteriellen Blutdrucks.
In: HEILMEYER, L. und H.J.HOLTMEIER (Hrsg.): Hochdruckforschung; Thieme, Stuttgart 1965; p. 72.
- 21.) BOCK, K.D. und W.KREUZENBECK: Spontaneous Blood Pressure Variations in Hypertension; the Effect of Antihypertensive Therapy and Correlations with the Incidence of Complications.
In: GROSS, F. (Ed.): Antihypertensive Therapy, Principles and Practice; an International Symposium; Springer, Berlin-Heidelberg-New-York 1966; p. 224.
- 22.) BRIGDEN, W., HOWARTH and E.P.SHARPEY-SCHÄFER: Postural changes in the peripheral blood-flow of normal subjects with observations on vasovagal fainting reactions as a result of tilting, the lordotic posture, pregnancy and spinal anaesthesia
Clin.Sci. 2, 79 - 91 (1950)
- 23.) BROD, J., V.FENCL, Z.HEJL and J.JIRKA: Circulatory Changes Underlying Blood Pressure Elevation during Acute Emotional Stress (Mental Arithmetic) in Normotensive and Hypertensive Subjects.
Clin.Sci. 18, 269 (1959)
- 24.) BROOKS, H. and J.H.CARROLL: A Clinical Study of the Effects of Sleep and Rest on Blood Pressure.
Arch. intern. Med. 10, 96 (1912)
- 25.) CALDWELL, J.R. and F.W.HOLLINGER: The unreliability of casual blood pressures as an index to cardio-

vascular-renal disease.

Postgrad.Med. 24, 26 (1958)

- 26.) CONWAY, J. and S.W.HOOBLER: Treatment of the Ambulatory Patient with Diastolic Hypertension.
In: BREST, A.N. and J.H.MOYER (Ed.): Hypertension, Recent Advances, the 2nd Hahnemann Symposium; Lea & Febiger, Philadelphia, 1961; p. 493.
- 27.) DIEHL, H.S.: The Variability of Blood Pressure. Morning and Evening Studies.
Arch.intern.Med. 43, 835 (1929)
- 28.) DIEHL, H.S. and H.D.LEES: The Variability of Blood Pressure. II. A Study of Systolic Pressure at Five Minute Intervals.
Arch.intern.Med. 44, 228 (1929)
- 29.) FAHRENKAMP, K.: Beitrag zur Kenntnis der Tagesschwankungen des Blutdrucks bei der Hypertonie.
Med.Klin. 17, 776 (1921)
- 30.) FOLLETT, D.H., H.F.FREUNDLICH, D.B.SHAW and D.H.DAVIES: An Apparatus for the Automatic Recording of Systolic and Diastolic Blood Pressure.
Lancet 1963/I, 797.
- 31.) FREIS, E.D.: The discrepancy between home and office recordings of blood pressure in patient's under treatment with pentapyrrolidinum: Importance of home recordings in adjusting dosages.
M.Ann.District of Columbia 23, 363 (1954)
- 32.) GABNER, R., F.SILVERSTONE and H.E.UNGERLEIDER: Range of blood pressure in hypertension.
J.A.M.A. 130, 325 (1946)
- 33.) GELINOV, Chr., A.PUCHLEV und N.BELOVEJDOV: Über die Bedeutung der Vorperiode hinsichtlich einiger diagnostisch-therapeutischer Probleme bei

Hypertonikern.

Verh.dtsch.Ges.Kreisl.-Forsch. 37, 481 (1971)

- 34.) GILLMANN, H., U. BERNAUER und H. PANKOW: Über die Fehlerbreite indirekter Blutdruckbestimmungen. Lebensversicherungsmedizin 20, 111 (1968)
- 35.) HAMMARSTRÖM, S.: Arterial Hypertension. I. Variability of Blood Pressure. Acta med. scand. 120, Suppl. 192 (1947), p.1.
- 36.) HENSCHEL, A., F. de la VEGA and H. L. TAYLOR: Simultaneous Direct and Indirect Blood Pressure Measurements in Man at Rest and Work. J.appl.Physiol. 6, 506 (1954)
- 37.) HILL, L.: On Rest, Sleep and Work and the Concomitant Changes in the Circulation of the Blood. Lancet 1898/I, 282.
- 38.) HILL, L. and H. BARNARD: A Simple and Accurate Form of Sphygmometer or Arterial Pressure Gauge Contrived for Clinical Use. Brit.med.J. 1897/II, 904.
- 39.) HINES, E. A. and G. E. BROWN: A standard stimulus for measuring vasomotor reactions: Its application in the study of hypertension. Proc.Staff. Meet., Mayo Clin. 7, 332 (1932)
- 40.) HINMAN, A. T., B. T. ENGEL and A. F. BICKFORD: Portable Blood Pressure Recorder: Accuracy and Preliminary Use in Evaluating Interdaily Variations in Pressure. Amer.Heart J. 63, 663 (1962)
- 41.) HOLLMANN, W., H. VENRATH, H. VALENTIN und B. SPELLERBERG: Über den arteriellen Blutdruck beim Menschen während dosierter körperlicher Arbeit. Z.Kreisl.-Forsch. 48, 162 (1959)

- 42.) HOLMGREN, A.: *Circulatory Changes during Muscular Work in Man. With Special Reference to Arterial and Central Venous Pressures in the Systemic Circulation.*
Scand.J.clin.Lab.Invest. 8, Suppl. 24 (1956), p.1.
- 43.) JAHNECKE, J.: *Risikofaktor Hypertonie; Hochdruckfibel für die ärztliche Praxis.*
Studienreihe Boehringer Mannheim 1974.
- 44.) JONAS, A.D.: *Variability of blood pressure readings.*
New York J.Med. 50, 1249 (1950)
- 45.) JULIUS, S., C.N.ELLIS, A.V.PASCUAL, M.MATICE, L.HANSSON, S.N.HUNYOR and L.N.SANDLER: *Home Blood Pressure Determination. Value in Borderline ("Labile") Hypertension.*
J.Amer.med.Ass. 229, 663 (1974)
- 46.) KAIN, H.K., A.T.HINMAN and M.SOKOLOV: *Arterial Blood Pressure Measurements with a Portable Recorder in Hypertensive Patients. I. Variability and Correlation with "Casual" Pressures.*
Circulation 30, 882 (1964)
- 47.) KARLEFORS, T., R.NILSEN and H.WESTLING: *On the Accuracy of Indirect Outcultatory Blood Pressure Measurements during Exercise.*
Acta med.scand. 180, Suppl. 449 (1966), p. 81.
- 48.) KARLSSON, C.G., L.LEVI and B.SVENSSON: *A New Device for Automatic Blood Pressure Recording during everyday Activities in ambulant patients.*
In: DEMLING, L. und K.BACHMANN (Hrsg.): Bio-telemetry, Symposium am 29./30. November 1968 in Erlangen; Thieme, Stuttgart 1970; p. 193.
- 49.) KEITH, N.M., H.P.WAGENER and N.W.BARKER: *Some Different Types of Essential Hypertension; their Course and Prognosis.*
Amer.J.med.Sci. 197, 332 (1939)

- 50.) KILPATRICK, J.A.: *The Variation of Casual, Basal and Supplemental Blood Pressures in Health and in Essential Hypertension.*
Brit. Heart J. 10, 48 (1948)
- 51.) KLEIN, K.E., H.M. WEGMANN and H. BRÄUER: *Periodic variations in indices of human performance, physical fitness, and stress resistance.*
AGARD Conference Proc. No 25, Rhode-Saint-Genève 1967, p. 4, 1 - 4, 19. Techn. Edit. Repr. Ltd. London.
- 52.) KOROTKOV, N.S.: *K voprosu o metodakh issledovaniya krovianogo davleniya.*
Izv. Voen.-med. Akad. 11, 365 (1905)
- 53.) KRÖNIG, B.: *Blutdruckvariabilität bei Hochdruckkranken - Ergebnisse telemetrischer Langzeitmessung.*
Habilitationsschrift, Mainz, 1975.
- 54.) KRÖNIG, G., D. PARADE, W. SCHWARZ, U. WITZEL, R. KLEMEIT, J. JAHNECKE und H. P. WOLFF: *Blutdrucktelemetrie beim Menschen mit der Mikrokathetermethode.*
Klin. Wschr. 50, 898 (1972)
- 55.) LUND-JOHANSEN, P.: *Hemodynamics in Early Essential Hypertension.*
Acta med. scand. 183, Suppl. 482, p. 1 (1967)
- 56.) LUND-JOHANSEN, P. and T. GYTRE: *A Portable Semiautomatic Blood Pressure Recorder.*
Scand. J. clin. Lab. Invest. 29, 25 (1972)
- 57.) MECHELKE, I. und E. NUSSER: *Über Blutdruck- und Pulsfrequenzänderungen während und nach körperlicher Arbeit bei Personen mit stabiler und labiler Blutdruckregelung.*
Dtsch. Arch. klin. Med. 202, 599 (1955)
- 58.) MEESMANN, W., H. J. STÖVEKEN und C. P. BILLING: *Eine neue, einfache Methode zur Bestimmung des Basis-*

blutdrucks und deren Bedeutung für die Praxis.
Lebensversicherungsmedizin 20, 118 (1968)

- 59.) MEESMANN, W., H.J. STÖVEKEN und C.P. BILLING: Die Bestimmung des Basisblutdrucks in der Praxis durch die Ermittlung des sogenannten Entspannungswertes.
Dtsch.med.Wschr. 95, 734 (1970)
- 60.) MENZEL, W.: Zur Physiologie und Pathologie des Nacht- und Schichtarbeiters.
Arbeitsphysiologie 14, 304 (1950)
- 61.) MENZEL, W.: Menschliche Tag-Nacht-Rhythmik und Schichtarbeit; die spontane Tagesrhythmik der Körperfunktionen in ihrer Bedeutung für den Nacht- und Schichtarbeiter.
Schwabe, Basel-Stuttgart 1962.
- 62.) MENZEL, W., R. TIMM und G. HERRNRING: Über den diagnostischen Wert der Tag-Nacht-Schwankungen des erhöhten Blutdrucks.
Verh.dtsch.Ges.Kreisl.-Forsch. 15, 256 (1949)
- 63.) MOELLER, J. und O. HEYDER: Die labile Blutdrucksteigerung.
Z.Kreisl.-Forsch. 48, 413 (1959)
- 64.) MOOG, O. und J. SCHÜRER: Die Blutdruckkurve der Kriegsnephritis.
Dtsch.med.Wschr. 44, 455 (1919)
- 65.) MOSETHAL, H.O. and J.J. SHORT: The spontaneous variability of blood pressure and the effects of diet upon high blood pressure, with special reference to sodiumchloride.
Amer. J.med.Sci. 165, 531 (1923)
- 66.) MÜLLER, C.: Die Messung des Blutdrucks am Schlafenden als klinische Methode speziell bei der gutartigen (primären) Hypertonie und der Glomerulonephritis. I. und II.
Acta med. scand. 55, 381 (1921)

- 67.) MUELLER, S.C. and G.E.BROWN: Hourly Rhythms in Blood Pressure in Persons with Normal and Elevated Pressures.
Ann.intern.Med. 3, 1190 (1930)
- 68.) NITSCHKOFF, S.: Über Blutdruckwerte und Blutdruckschwankungen bei der arteriellen Hypertonie.
Dtsch.Gesundh.-Wesen 21, 244 (1966)
- 69.) PAGE, I.H.: in GRCESS, F.: Antihypertensive Therapy.
Springer, Berlin, Heidelberg 1966, p. 193.
- 70.) RECKLINGHAUSEN, H. von: Über Blutdruckmessung beim Menschen.
Arch.exp.Path.Pharm. 46, 78 (1901)
- 71.) RICHARDSON, D.W., A.J.HONOUR, G.W.FENTON, F.H.STOTT and G.W.PICKERING: Variation in Arterial Pressure throughout the Day and Night.
Clin.Sci. 26, 445 (1964)
- 72.) RICHTER-HEINRICH, E., M.BORYS, H.SPRUNG und J.LÄUTER: Psychophysiologische Reaktionsprofile von Hypo- und Hypertonikern.
Dtsch.Gesundh.-Wes. 26, 1481 (1971)
- 73.) RIVA-ROCCI, S.: Un nuova sfigmomanometro.
Gazz.med.Torino 47, 981 (1896)
- 74.) SANNERSTEDT, R.: Hemodynamic Response to Exercise in Patients with Arterial Hypertension.
Acta med. scand. 180, Suppl. 458 (1966), p.1.
- 75.) SARRE, H.: Differentialdiagnose und Therapie des renalen Hochdrucks.
Ärztl.Praxis 21, 2201 (1969)
- 76.) SCHELLONG, F. und M.HEINEMIER: Über die Kreislaufregulation in aufrechter Körperstellung und ihre Störungen.
Z.ges.exp.Med. 82, 49 (1933)

- 77.) SCHELLONG, F. und M. HEINEMEIER: Über die Kreislaufregulation in aufrechter Körperstellung und ihre Störungen. II. Mitteilung.
Z.ges.exp.Med. 89, 61 (1933)
- 78.) SCHELLONG, F. und B. LÜDERITZ: Regulationsprüfung des Kreislaufs; Funktionelle Differentialdiagnose von Herz- und Gefäßstörungen. 2. Aufl.
Steinkopff, Darmstadt 1954.
- 79.) SCHNEIDER, R.A.: A Fully Automatic Portable Blood Pressure Recorder.
J.appl.Physiol. 24, 115 (1968)
- 80.) SCHOTT, E. und H. SPATZ: Beobachtungen am Kreislauf im Kniehang, insbesondere über das Verhalten des arteriellen Druckes in Armen und Beinen in dieser Körperlage sowie im Stehen und Liegen.
Münch.med.Wschr. 66, 1709 (1924)
- 81.) SCHROEDER, H.A. and E.M. MENHARD: Spontaneous Variations of Blood Pressure in Hypertensive and Normotensive Individuals.
Amer.Heart J. 51, 577 (1956)
- 82.) SELDINGER, S.I.: Catheter Replacement of the Needle in Percutaneous Arteriography. A New Technique.
Acta radiol. 39, 368 (1953)
- 83.) SHAW, D.B., M.S. KNAPP and D.H. DAVIES: Variations of Blood Pressure in Hypertensives during Sleep.
Lancet 1963/I, 797.
- 84.) SMIRK, F.H.: Casual and Basal Blood Pressures. IV. Their Relationship to the Supplemental Pressure with a Note on Statistical Implications.
Brit.Heart J. 6, 176 (1944)
- 85.) STEGEMANN, J.: Zitiert nach Medical Tribune Kongreßbericht: Durch Ausdauertraining keine Verbesserung der Orthostatetoleranz. 6. Symposium Europ. Ges. Kard., Basel 1975.

- 86.) STEIN, E.: Störungen der Kreislaufregulation; in GROSS-SCHÖLMERICH: Lehrbuch der Inneren Medizin. Schattauer, Stuttgart-New York, 3, 360 (1973)
- 87.) STIEGLITZ, E.J.: Emotional Hypertension. Amer.J.med.Sci. 179, 775 (1930)
- 88.) TRIEB, G., E.NUSSER und H.J.ASCHKE: Untersuchungen der Blutdruckregulation bei essentieller Hypertonie unter Orthostasebelastung vor und nach Therapie. Herz-Kreisl. 5, 202 (1973)
- 89.) UEXKÜLL, T.von und E.WICK: Erfahrungen mit automatisch registrierenden Blutdruckapparaten. Z.Kreisl.-Forsch. 51, 184 (1962)
- 90.) UEXKÜLL, T.von und E.WICK: Die Situationshypertonie. Arch.Kreisl.-Forsch. 39, 236 (1962)
- 91.) WAGNER, E.: Fortgesetzte Untersuchungen über den Einfluß der Schwere auf den Kreislauf. Arch.Ges.Physiol. 39, 371 (1886)
- 92.) WALD, H., M.GUERNSEY and F.H.STOTT: Some Effects of Alteration of Posture on Arterial Blood Pressure. Amer.Heart J. 14, 319 (1937)
- 93.) WEISS, A.: Blutdruck und Muskelarbeit, insbesondere bei Hypertonikern von 17 - 60 Jahren. Verh.dtsch.Ges.Kreisl.-Forsch. 15, 272 (1949)
- 94.) WETTERER, E.: Bau und Funktion des Gefäßsystems; in KEIDEL: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie. Thieme, Stuttgart, 2, 127 (1970)
- 95.) WICK, E.: Probleme der fortlaufenden Blutdruckmessung. Med. Welt (Stuttg.) 19 (N.F.), 692 (1968)
- 96.) WORLD HEALTH ORGANISATION: Arterial Hypertension and Ischaemic Heart Disease; Preventive Aspects.

Report of an Expert Committee.

Techn.Rep.Ser. 231 (1962)

- 97.) ZABEL, D.: Plötzliche Blutdruckschwankungen und ihre Ursachen.
Münch. med. Wschr. 57, 2278 (1910)
- 98.) ZADEK, I.: Die Messung des Blutdrucks am Menschen mittels des Basch'schen Apparates.
Z.klin.Med. 2, 509 (1881)
- 99.) ZERZAWY, R. und K.BACHMANN: Anwendung neuer Halbleiterbauelemente für die Signalübertragung in der Blutdrucktelemetrie.
In: DEMLING, L. und K.BACHMANN (Hrsg.): Biotelemetrie, Symposium am 29./30. November 1968 in Erlangen; Thieme, Stuttgart 1970; p. 202.
- 100.) ZÜLCH, K.J. und V.HOSSMANN: Über die 24-Stunden-Rhythmik des menschlichen Blutdrucks.
Dtsch.med.Wschr. 92, 567 (1967)

A N H A N G

Zeichenerklärung, Tabellen, Abbildungen

Zeichenerklärung:

"Normierte Periode": Einstündige Untersuchungsphase (im Rahmen der blutdrucktelemetrischen Langzeitmessung) mit 20 min. Liegen, 10 min. Stehen (aktive Orthostase), 10 min. Gehen zu ebener Erde, einmal Treppensteigen über zwei Stockwerke (in ca. 45 - 60 Sekunden = etwa 60 bis 80 Watt) und wieder 20 min. Liegen (s. auch Abb. 11).

Li. = MW-Li.:	mittlerer Blutdruck im Liegen ¹⁾ .
St.sof.:	niedrigster Blutdruck in aktiver Orthostase unmittelbar nach dem Aufstehen vom Liegen ²⁾ .
St.Min.:	niedrigster Blutdruck in aktiver Orthostase jenseits der ersten Minute nach dem Aufstehen ²⁾ .
St.Max.:	höchster Blutdruck in aktiver Orthostase ²⁾ .
St. = MW-St.:	mittlerer Blutdruck im Stehen ¹⁾ .
Ge. = MW-Ge.:	mittlerer Blutdruck während des Gehens zu ebener Erde ¹⁾ .
Tr.unten:	Blutdruck zu Beginn des Treppensteigens ²⁾ .
Tr.oben:	Blutdruck am Ende des Treppensteigens ²⁾ .
N.Tr.Min.:	niedrigster Blutdruck nach Treppensteigen ²⁾ (während des Ganges vom Treppenhaus zum Untersuchungsbett).
N.Tr.Max.:	höchster Blutdruck nach Treppensteigen (entspr. N.Tr.Min.) ²⁾ .
WiLi.Max.:	höchster Blutdruck unmittelbar wieder im Liegen ²⁾ (nach Belastung durch Treppensteigen).
Tr. = Tr.Max. = MW-Tr.:	mittlerer Blutdruck zur Beschreibung der hypertensiven Reaktion auf Treppensteigen; Mittelwert aus "Tr.oben", "N.Tr.Max." und "WiLi.Max."
WiLi.sof.:	erster über eine Minute gemittelter Blutdruck wieder im Liegen (etwa 2 bis 3 Minuten nach dem Hinlegen).
WiLi. = MW-WiLi.:	mittlerer Blutdruck wieder im Liegen ¹⁾ (nach Belastung durch Treppensteigen)

1) = Mittelwert aus jeweils drei, über eine Minute gemittelten Blutdrucken der entsprechenden Untersuchungsphase.

2) = Mittelwert aus drei einzelnen aufeinanderfolgenden Pulswellen.

- Schl.Mit.:* mittlerer Blutdruck während des Nachtschlafs aus 6- bis 8stündigen Ableseungen (jeweils über 1 Minute gemittelte Blutdrucke).
- Schl.Min.:* niedrigster über 1 Minute gemittelter Blutdruck während des Schlafs.
- LH:* elektrokardiographische Zeichen einer linksventrikulären Hypertrophie.
- FH:* Einteilung der hypertonie-bedingten Netzhautveränderungen (nach 49, bzw. Fluoreszenzangiographie)³⁾.
- Aufn.RR:* indirekter Blutdruck im Liegen im Rahmen der stationären Aufnahmeuntersuchung.
- Tages-MW:* mittlerer Blutdruck unter Alltagsbedingungen während der kontinuierlichen intraarteriellen Messung; Mittelwert aus 18 Meßergebnissen (MW-Li., MW-WiLi., EW-Tr., MW-St., MW-Ge. und MW-Tr., jeweils aus den "normierten Perioden" zwischen 8 und 9, 13 und 14 bzw. 18 und 19 Uhr).
- Max.V.:* "Maximale" Blutdruckvariabilität innerhalb einer mindestens 24stündigen kontinuierlichen Messung als Differenz von MW-Tr. am Abend (18 bis 19 Uhr) und Schl.Min..
- EW:* niedrigster über 1 Minute gemittelter Blutdruck während einer 5minütigen Periode im Liegen nach 5minütiger Belastung durch aktive Orthostase; Entspannungswert nach MEESWANN und Mitarb. (58).
- EW-Tr.:* niedrigster über 1 Minute gemittelter Blutdruck wieder im Liegen (etwa 10 bis 15 Minuten nach dem Hinlegen); Entspannungswert nach Belastung durch Treppensteigen.
- WHO:* Stadieneinteilung der Hypertonie nach der Weltgesundheitsorganisation.
- n:* Stichprobenumfang.
- $\bar{X}$: arithmetischer Mittelwert der Stichprobe.
- $\bar{D}$: arithmetischer Mittelwert der Differenzen zweier Stichproben.
- SD:* Standardabweichung.
- Vbu:* untere Grenze des Vertrauensbereiches, entsprechend dem 95-Prozent-Konfidenzintervall für die Mittelwerte $\bar{X}$ und $\bar{D}$.
- Vbo:* entsprechend obere Grenze.

3) Die Beurteilung der Augenhintergrundsveränderungen wurde freundlicherweise von Prof.Dr.P.D.Steinbach der Univ.-Augenklinik Mainz (Direktor: Prof.Dr.A.Nover) vorgenommen

- GD:* Grenzdifferenz zur Beschreibung eines signifikanten Unterschiedes zweier verbundener Stichproben; Ergebnisse einer zweifaktoriellen Varianzanalyse (1. Faktor: Probanden, 2. Faktor: Meßzeitpunkte).
- p < bzw. p = Null:* Angabe der Wahrscheinlichkeit eines signifikanten Unterschiedes zweier Stichproben untereinander (*p*) bzw. der Differenz zweier Stichproben gegenüber Null (*p* Null); 95 Prozent = 0,05, 99 Prozent = 0,01.
- mo.:* morgens, Untersuchungszeit 8 bis 9 Uhr.
- mi.:* mittags, Untersuchungszeit 13 bis 14 Uhr.
- ab.:* abends, Untersuchungszeit 18 bis 19 Uhr.

Init.	Geschl.	Alter (Jahre)	Grösse (cm)	Gewicht (Kg)	LH	FH	Aufn.-RR (mmHg)	Tages-MW (mmHg)	Max.-V. (mmHg)	WHO
U.Sch.	mask.	32	173	76	-	1	176/108	145/ 85	68/26	I
W.B.	mask.	39	176	72	-	0	160/110	140/ 89	59/23	I
K.H.	mask.	45	162	61	-	0	155/100	146/ 99	81/36	I
K.Sch.	mask.	53	176	82	-	0	178/104	132/ 83	72/47	I
A.Sch.	fem.	34	164	54	-	1	140/ 90	137/ 81	72/41	I
E.M.	fem.	53	162	76	-	1	150/ 75	145/ 67	87/30	I
G.F.	mask.	34	175	90	-	2	180/130	169/108	49/17	I
J.Sch.	mask.	40	172	89	+	2	180/120	165/108	89/41	I
Ph.A.	mask.	45	164	83	+	2	186/108	172/ 88	102/43	I
E.M.	mask.	45	170	88	+	3	168/112	167/ 92	79/22	I
W.V.	mask.	45	174	94	+	+	209/120	187/112	56/ 8	I
E.W.	mask.	45	167	75	+	2	205/142	142/ 88	50/19	I
H.L.	mask.	45	185	139	+	3	244/160	203/109	96/30	I
F.W.	mask.	49	186	100	+	2	220/120	182/103	74/36	I
R.R.	mask.	49	165	70	+	2	170/110	158/103	71/43	I
J.E.	mask.	49	164	84	-	2	182/112	162/103	71/21	I
G.F.	mask.	50	173	76	+	3	192/106	165/ 88	49/13	I
W.K.	mask.	52	168	87	+	2	192/114	160/ 94	67/19	I
F.W.	mask.	53	168	70	+	3	180/110	193/105	56/23	I
J.P.	mask.	54	160	80	+	3	206/130	180/106	55/12	I
A.S.	mask.	57	171	80	+	3	182/104	191/101	73/ 8	I
P.Sch.	mask.	58	173	78	+	2	200/140	173/100	39/14	I
A.M.	mask.	71	172	72	+	2	180/110	161/ 91	75/28	I
I.Z.	fem.	21	154	45	+	3	172/114	163/100	98/50	I
G.G.	fem.	31	163	54	+	2	140/ 90	188/115	116/71	I
L.Sch.	fem.	36	158	54	+	1	210/124	166/ 99	79/35	I
H.F.	fem.	38	160	59	-	2	188/130	160/ 96	80/44	I
M.H.	fem.	40	160	61	+	2	154/110	165/104	84/37	I

wind fortgesetzt

M.H.	fem.	42	162	76	-	2	224/106	168/101	112/58	II
M.Pf.	fem.	43	161	64	+	2	204/106	170/ 94	88/33	II
G.Sch.	fem.	46	157	57	-	2	160/100	183/101	108/44	II
M.T.	fem.	48	163	73	-	2	196/114	193/ 98	99/25	II
D.H.	fem.	50	157	67	+	2	254/142	156/ 78	107/36	II
E.M.	fem.	53	168	90	+	3	230/130	219/115	71/12	II
S.Z.	fem.	63	169	70	+	2	270/120	205/ 86	109/34	II
J.K.	mask.	44	176	93	+	3	195/130	159/102	29/ 3	III
A.M.	fem.	60	162	99	+	2	210/105	192/ 99	95/27	III
A.G.	fem.	62	154	73	+	2	220/115	192/ 84	40/12	III

Tab. I Aufstellung zu einigen klinischen Daten der 38 Patienten mit essentieller Hypertonie.
 Erläuterung der Abkürzungen bei "Zeichenerklärung".

	n	♂	♀	Altersgruppen (in Jahren)					mittl. Alter
				21-29	30-39	40-49	50-59	60-71	
WHO - I	6	4	2	-	3	1	2	-	42,7 J
WHO - II	29	17	12	1	4	14	8	2	46,6 J
WHO - III	3	1	2	-	-	1	-	2	55,3 J
Gesamt	38	22	16	1	7	16	10	4	46,7 J

Tab. II Verteilung der Patienten nach WHO-Schweregraden, Geschlechts- und Altersgruppierungen.

		2.Tag		3.Tag		4.Tag	
		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	x'	155.71	91.95	154.24	89.71	155.32	89.37
	Sx	22.91	12.37	22.75	12.56	23.32	12.96
	Vbu	148.18	87.88	146.76	85.58	147.65	85.11
	Vbo	163.24	96.01	161.71	93.84	162.98	93.63
13 ⁰⁰ - 14 ⁰⁰		2.Tag		3.Tag			
		syst.	diast.	syst.	diast.		
		150.90	87.90	152.29	87.18		
		21.38	12.48	21.88	12.42		
18 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	Vbu	143.87	83.79	145.10	83.10		
	Vbo	157.92	92.00	159.48	91.27		
Schl.Min.		1.Tag		2.Tag		3.Tag	
		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
		164.97	95.18	158.42	91.05	158.92	90.26
		20.32	11.42	22.03	11.44	25.05	12.35
Schl.Mit.	Vbu	158.29	91.43	151.18	87.29	150.69	86.20
	Vbo	171.65	98.94	165.66	94.81	167.15	94.32
		1.Nacht		2.Nacht		3.Nacht	
		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
		128.92	74.29	127.66	73.11	126.05	71.16
		25.25	16.79	24.77	14.89	25.05	13.72
	Vbu	120.62	68.77	119.52	68.21	117.82	66.65
	Vbo	137.22	79.80	135.80	78.00	134.29	75.67
		1.Nacht		2.Nacht		3.Nacht	
		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
		148.50	89.30	147.16	86.71	146.50	86.26
		26.52	16.28	26.63	15.72	25.56	12.70
7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	Vbu	139.78	83.94	138.41	81.54	138.10	82.09
	Vbo	157.22	94.64	155.91	91.88	154.90	90.44
		2.Tag		3.Tag		4.Tag	
		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
		158.11	92.21	155.50	89.97	154.42	89.45
		23.15	12.88	21.68	13.10	22.64	12.37
	Vbu	150.50	87.98	148.37	85.67	146.98	85.38
	Vbo	165.72	96.44	162.63	94.28	161.86	93.51

Tab. III Blutdruckmittelwerte in mmHg mit Standardabweichung und Vertrauensbereich ($p < 0.05$) von korrespondierenden Ruhewerten (als Entspannungsdrucke nach Belastung durch Treppensteigen zu den genannten Uhrzeiten, bzw. als niedrigster und mittlerer Blutdruck im Schlaf). Wertetabelle zu Abb. 17

Schl.Min.							
		1.Nacht		2.Nacht		3.Nacht	
		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
WHO I	1	82	46	86	52	80	48
	2	94	43	97	64	90	43
	3	98	46	107	48	98	43
WHO II	4	124	59	151	90	102	48
	5	140	92	106	69	128	83
	6	115	95	114	80	105	75
WHO III	7	130	72	153	85	144	71
	8	121	76	145	95	130	79
	9	168	67	188	71	185	70
MW-Tr.ab.							
		1.Abend		2.Abend		3.Abend	
		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
WHO I	1	185	100	158	99	149	80
	2	185	108	178	100	191	104
	3	203	87	194	78	208	82
WHO II	4	189	100	190	104	163	96
	5	203	114	195	110	188	110
	6	222	103	192	99	203	111
WHO III	7	231	130	248	112	251	109
	8	178	106	174	98	176	102
	9	216	84	228	83	223	82

Tab. IV Blutdruckbeispiele im mmHg für den niedrigsten Wert im Schlaf (Schl.Min.) und für einen relativ hohen Wert unter alltäglicher Belastung durch Treppensteigen während der abendlichen Untersuchungsphase (MW-Tr. ab.); Werte auf ganze Zahlen auf- bzw. abgerundet.
Wertetabelle zu den Abb. 18 und 19. Details siehe Text.

Ausgangswerte (mmHg)							
MW-Li.		2.Tag		3.Tag		4.Tag	
		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	$\bar{x}$	162.95	95.26	162.63	93.29	161.90	93.05
	Sx	24.46	13.13	23.89	12.50	23.71	12.53
	Vbu	154.91	90.95	154.78	89.18	154.10	88.93
	Vbo	170.99	99.58	170.49	97.40	169.69	97.17
		2.Tag		3.Tag			
13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	$\bar{x}$	156.53	89.71	157.79	89.42		
	Sx	20.37	12.26	23.51	13.68		
	Vbu	149.83	85.68	150.06	85.35		
	Vbo	163.22	93.74	165.52	94.34		
		1.Tag		2.Tag		3.Tag	
18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	$\bar{x}$	182.37	103.58	161.50	92.18	164.76	93.00
	Sx	23.33	11.71	22.52	12.66	24.27	12.60
	Vbu	174.70	99.73	154.10	88.02	156.79	88.86
	Vbo	190.04	107.43	168.90	96.35	172.74	97.14

Tab. V Blutdruckmittelwerte in mmHg mit Standardabweichung und Vertrauensbereich ($p < 0.05$) von korrespondierenden Ruhewerten (MW-Li.) im Liegen (vor Belastung durch aktive Orthostase, Gehen und Treppensteigen). Ausgangswerte zur Differenzbildung in den Tab. IV bis VIII.

MW-St.		2.Tag		3.Tag		4.Tag	
		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	$\bar{x}$	156.87	102.97	157.21	100.66	158.61	102.11
	Sx	20.42	13.11	22.58	13.50	22.09	13.80
	Vbu	150.16	98.66	149.79	96.22	151.35	97.57
	Vbo	163.58	107.28	164.63	105.10	165.87	106.64
		2.Tag		3.Tag			
13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	$\bar{x}$	156.08	98.42	159.95	99.08		
	Sx	21.47	13.02	24.56	15.78		
	Vbu	149.02	94.14	151.87	93.89		
	Vbo	163.14	102.70	168.02	104.26		
		1.Tag		2.Tag		3.Tag	
18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	$\bar{x}$	176.16	108.95	164.16	101.95	168.63	102.92
	Sx	25.06	14.18	22.16	13.12	25.74	13.56
	Vbu	167.92	104.29	156.88	97.63	160.17	98.49
	Vbo	184.39	113.61	171.44	106.26	177.09	107.36
ΔP MW-St. - MW-Li.							
		2.Tag		3.Tag		4.Tag	
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	$\bar{D}$	-6.08	7.71	-5.42	7.37	-3.29	9.05
	SD	19.33	9.24	14.92	5.71	13.84	6.40
	Vbu	-12.43	4.67	-10.33	5.49	-7.84	6.95
	Vbo	0.27	10.75	-0.52	9.24	1.26	11.16
		p</Null	n.s.	0.01	0.05	0.01	n.s.
		2.Tag		3.Tag			
13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰	$\bar{D}$	-0.45	8.71	2.16	9.24		
	SD	15.51	6.54	12.17	6.98		
	Vbu	-5.55	6.56	-1.84	6.94		
	Vbo	4.65	10.86	6.16	11.53		
		p</Null	n.s.	0.01	n.s.		
		1.Tag		2.Tag		3.Tag	
18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰	$\bar{D}$	-6.21	5.37	2.66	9.76	3.87	9.92
	SD	20.55	7.92	14.82	6.46	13.94	6.93
	Vbu	-12.97	2.76	-2.21	7.64	-0.72	7.64
	Vbo	0.54	7.97	7.53	11.89	8.45	12.20
		p</Null	n.s.	0.01	n.s.	0.01	n.s.

Tab. VI Blutdruckmittelwerte wie in Tab. V; korrespondierende Werte unter aktiver Orthostase (MW-St.) und Blutdruckdifferenzen - mit Standardabweichung, Vertrauensbereich ($p < 0.05$) und Angabe des signifikanten Unterschiedes gegenüber Null - zwischen Ruhewert im Liegen (aus Tab. V) und anschliessendem Wert in aktiver Orthostase (MW-St. minus MW-Li.); übrige Details wie in der Tab. V.
Wertetabelle für Abb. 20

MW-Ge.		2.Tag		3.Tag		4.Tag	
		syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰	x ⁱ	173.84	101.08	171.13	97.05	169.84	96.03
	Sx	21.72	12.03	23.13	12.48	21.66	11.44
	Vbu	166.70	97.12	163.53	92.95	162.72	92.27
	Vbo	180.98	105.04	178.73	101.15	176.96	99.79
13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰		2.Tag		3.Tag			
	x ⁱ	172.92	97.05	172.90	95.13		
	Sx	20.39	11.45	23.39	12.53		
	Vbu	166.22	93.29	165.21	91.01		
18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰		1.Tag		2.Tag		3.Tag	
	x ⁱ	190.92	106.45	180.47	100.84	181.97	99.29
	Sx	24.04	11.13	22.72	12.33	24.95	12.59
	Vbu	183.02	102.79	173.01	96.79	173.77	95.15
	Vbo	198.82	110.11	187.94	104.89	190.18	103.43
ΔP MW-Ge. - MW-Li.							
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰		2.Tag		3.Tag		4.Tag	
	D	10.90	5.82	8.50	3.76	7.95	2.97
	SD	11.29	7.17	13.00	6.48	10.07	5.97
	Vbu	7.19	3.46	4.23	1.63	4.64	1.01
	Vbo	14.60	8.17	12.77	5.89	11.26	4.94
	p</Null	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰		2.Tag		3.Tag			
	D	16.40	7.34	15.11	5.29		
	SD	8.51	5.97	12.57	7.29		
	Vbu	13.60	5.38	10.98	2.90		
	Vbo	19.19	9.30	19.24	7.68		
	p</Null	0.01	0.01	0.01	0.01		
18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰		1.Tag		2.Tag		3.Tag	
	D	8.55	2.87	18.97	8.66	17.21	6.29
	SD	13.54	7.76	12.53	8.33	12.89	5.78
	Vbu	4.10	0.32	14.86	5.92	19.97	4.39
	Vbo	13.00	5.42	23.09	11.40	21.45	8.19
	p</Null	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01

Tab. VII Blutdruckmittelwerte im Gehen (MW-Ge.) und Blutdruckdifferenzen zwischen Ruhewert im Liegen und anschliessendem Wert während Gehens zu ebener Erde (MW-Ge. minus MW-Li.); Details wie in der Tab. VI.
Wertetabelle zu Abb. 21

MW-Tr.	2.Tag		3.Tag		4.Tag	
	syst.	diast.	syst.	diast.	syst.	diast.
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰						
x̄	196.38	102.84	193.18	99.94	194.33	99.72
Sx	23.67	11.62	28.16	14.45	25.87	13.39
Vbu	188.60	99.02	183.93	95.19	185.82	95.32
Vbo	204.16	106.66	202.44	104.69	202.83	104.12
13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰						
	2.Tag		3.Tag			
x̄	198.29	100.26	197.78	98.52		
Sx	24.49	11.72	26.08	13.56		
Vbu	190.24	96.41	189.21	94.06		
Vbo	206.34	104.12	206.35	102.97		
18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰						
	1.Tag		2.Tag		3.Tag	
x̄	215.27	109.66	204.11	102.33	206.91	103.63
Sx	24.23	12.40	27.02	13.03	26.83	11.70
Vbu	207.31	105.58	195.23	98.21	198.10	99.79
Vbo	223.24	113.73	213.00	106.46	215.73	107.48
ΔP MW-Tr. - MW-Li.						
8 ⁰⁰ -9 ⁰⁰						
	2.Tag		3.Tag		4.Tag	
D̄	33.43	7.58	30.55	6.65	32.43	6.67
SD	17.76	10.91	22.95	11.77	21.74	12.19
Vbu	27.59	3.99	23.01	2.78	25.29	2.66
Vbo	39.27	11.17	38.10	10.52	39.58	10.68
p</Null	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
13 ⁰⁰ -14 ⁰⁰						
	2.Tag		3.Tag			
D̄	41.76	10.55	39.99	8.68		
SD	15.99	9.40	19.94	11.83		
Vbu	36.51	7.46	33.44	4.79		
Vbo	47.02	13.64	46.55	12.56		
p</Null	0.01	0.01	0.01	0.01		
18 ⁰⁰ -19 ⁰⁰						
	1.Tag		2.Tag		3.Tag	
D̄	32.90	6.08	42.61	10.15	42.15	10.63
SD	14.59	10.50	18.75	11.59	17.46	9.30
Vbu	28.11	2.63	36.45	6.34	36.41	7.57
Vbo	37.70	9.53	48.78	13.96	47.89	13.69
p</Null	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Tab. VIII Blutdruckmittelwerte unter Belastung durch Treppensteigen (MW-Tr.) und Blutdruckdifferenzen zwischen Ruhewert im Liegen und anschliessendem Wert während Treppensteigens (MW-Tr. minus MW-Li.); Details wie in der Tab. VI. Wertetabelle zu Abb. 22

n = 38

 ΔP 1./2./3. Nacht

	<u>1. - 2.</u>	<u>1. - 3.</u>	<u>2. - 3.</u>
--	----------------	----------------	----------------

systolisch

Schl.Min.	1.60	1.26	2.87
GD	0.05 = 4.89	0.01 = 6.55	
p<	n.s.	n.s.	n.s.
Schl.Mit.	0.66	1.34	2.00
GD	0.05 = 4.90	0.01 = 6.57	
p<	n.s.	n.s.	n.s.

diastolisch

Schl.Min.	1.95	1.18	3.13
GD	0.05 = 4.17	0.01 = 5.58	
p<	n.s.	n.s.	n.s.
Schl.Mit.	0.45	2.58	3.03
GD	0.05 = 4.08	0.01 = 5.47	
p<	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. IX Angabe der Grenzdifferenzen (GD) für $p < 0.05$ bzw. $p < 0.01$ zu den Mittelwertsdifferenzen des niedrigsten (Schl.Min.) und mittleren (Schl.Mit.) Blutdrucks im Schlaf dreier aufeinanderfolgender Nächte. In keinem Fall wird ein Signifikanzniveau erreicht, die Ausgangswerte sind somit von Nacht zu Nacht statistisch gleich.

n = 38

 ΔP 2./3./4. Tag

	<u>2. - 3.</u>	<u>2. - 4.</u>	<u>3. - 4.</u>
<u>systolisch</u>			
MW - Li	0.31	1.05	0.74
GD	0.05 = 3.96	0.01 = 5.31	
p<	n.s.	n.s.	n.s.
MW - St	0.34	1.74	1.39
GD	0.05 = 4.53	0.01 = 6.06	
p<	n.s.	n.s.	n.s.
MW - Ge	2.71	4.00	1.29
GD	0.05 = 4.15	0.01 = 5.56	
p<	n.s.	n.s.	n.s.
MW - Tr	3.19	2.05	1.14
GD	0.05 = 5.06	0.01 = 6.78	
p<	n.s.	n.s.	n.s.
<u>diastolisch</u>			
MW - Li	1.97	2.21	0.24
GD	0.05 = 2.80	0.01 = 3.75	
p<	n.s.	n.s.	n.s.
MW - St	2.32	0.87	1.45
GD	0.05 = 2.75	0.01 = 3.69	
p<	n.s.	n.s.	n.s.
MW - Ge	4.03	5.05	1.03
GD	0.05 = 3.24	0.01 = 3.35	
p<	0.01	0.01	n.s.
MW - Tr	2.90	3.12	0.22
GD	0.05 = 3.50	0.01 = 4.69	
p<	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. X Angabe der Grenzdifferenzen (GD) für $p < 0.05$ bzw. $p < 0.01$ zu den Mittelwertdifferenzen Liegen, Stehen, Gehen und Treppensteigen aus den morgendlichen normierten Perioden dreier aufeinanderfolgender Tage untereinander. Auch hier wird kein Signifikanzniveau erreicht, die Ausgangswerte sind im Mittel gleich.

n = 38

 ΔP 2./3. Tag2. - 3.systolisch

MW - Li	1.26		
GD	0.05 = 4.56	0.01 = 6.10	
p<	n.s.		
MW - St	3.87		
GD	0.05 = 5.96	0.01 = 7.98	
p<	n.s.		
MW - Ge	0.03		
GD	0.05 = 3.87	0.01 = 5.18	
p<	n.s.		
MW - Tr	0.51		
GD	0.05 = 4.86	0.01 = 6.51	
p<	n.s.		

diastolisch

MW - Li	0.13		
GD	0.05 = 3.11	0.01 = 4.16	
p<	n.s.		
MW - St	0.66		
GD	0.05 = 4.00	0.01 = 5.35	
p<	n.s.		
MW - Ge	1.92		
GD	0.05 = 2.57	0.01 = 3.44	
p<	n.s.		
MW - Tr	1.74		
GD	0.05 = 2.79	0.01 = 3.74	
p<	n.s.		

Tab. XI Angabe der Grenzdifferenzen (GD) für $p < 0.05$ bzw. $p < 0.01$ zu den Mittelwertdifferenzen Liegen, Stehen, Gehen und Treppensteigen aus den mittäglichen normierten Perioden zweier aufeinanderfolgender Tage untereinander. Auch hier wird kein Signifikanzniveau erreicht, die Ausgangswerte sind im Mittel gleich.

n = 38

 ΔP 2./3./1. Tag

<u>2. - 3.</u>	<u>2. - 1.</u>	<u>3. - 1.</u>
----------------	----------------	----------------

systolisch

MW - Li	3.26	20.87	17.60
GD	0.05 = 4.51	0.01 = 6.04	
p<	n.s.	0.01	0.01
MW - St	4.47	12.00	7.52
GD	0.05 = 6.29	0.01 = 8.43	
p<	n.s.	0.01	0.01
MW - Ge	1.50	10.45	8.95
GD	0.05 = 5.61	0.01 = 7.51	
p<	n.s.	0.01	0.01
MW - Tr	2.80	11.16	8.36
GD	0.05 = 5.34	0.01 = 7.16	
p<	n.s.	0.01	0.01

diastolisch

MW - Li	0.82	11.40	10.58
GD	0.05 = 3.02	0.01 = 4.04	
p<	n.s.	0.01	0.01
MW - St	0.97	7.00	6.03
GD	0.05 = 4.08	0.01 = 5.47	
p<	n.s.	0.01	0.01
MW - Ge	1.56	5.60	7.16
GD	0.05 = 3.27	0.01 = 4.38	
p<	n.s.	0.01	0.01
MW - Tr	1.30	7.32	6.03
GD	0.05 = 3.48	0.01 = 4.67	
p<	n.s.	0.01	0.01

Tab. XII Angabe der Grenzdifferenzen (GD) für $p < 0.05$ bzw. $p < 0.01$ zu den Mittelwertdifferenzen Liegen, Stehen, Gehen und Treppensteigen aus den abendlichen normierten Perioden dreier aufeinanderfolgender Tage untereinander. Ein Signifikanzniveau wird hier regelmäßig in den Differenzen der Werte von 2. - 1., bzw. 3. - 1. Tag erreicht, da am ersten Tag abends - infolge des erst unmittelbar vorangegangenen Untersuchungsbeginns - die Ausgangswerte überhöht ausfielen (Details siehe Text); im Vergleich des 2. und 3. Tages fielen wiederum keine Signifikanzen auf.

Patient	WHO	2. Tag (mm Hg)	3. Tag (mm Hg)	Δp
U. Sch.	I	135/82	133/80	2/ 2
W. B.	I	132/85	141/87	9/ 2
K. H.	I	136/95	137/92	1/ 3
G. F.	II	166/109	159/99	6/10
J. Sch.	II	161/109	165/108	4/ 1
Ph. A.	II	167/83	166/86	1/ 3
E. M.	II	160/89	154/87	6/ 2
W. V.	II	189/120	182/111	7/ 9
E. W.	II	138/87	138/83	0/ 4
H. L.	II	199/111	199/112	0/ 1

Tab. XIII Ruheblutdruck von Tag zu Tag, von 10 Hypertonikern, Alter bis 45 J.. Mittelwerte von jeweils 30 Einzelblutdrucken im Liegen und im Schlaf.

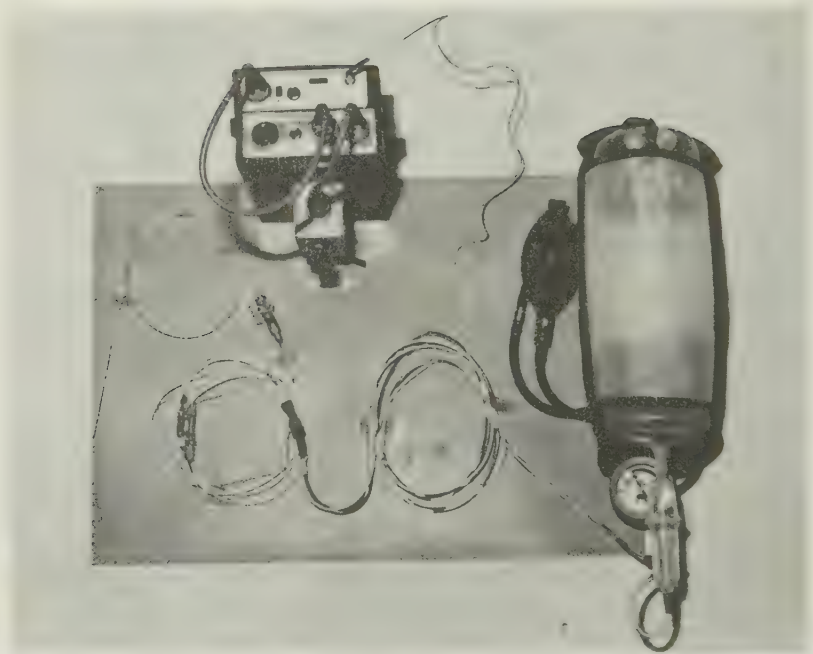


Abb. 1 Patientenseitige Apparatur zur Mikrokatheter - Blutdruck - Telemetrie. Von links nach rechts; intraarterieller Katheter, Überleitungsstück, Druckaufnehmer, Verkabelung mit Spülventil; dahinter: Modulator-Sender-Einheit mit Eichvorrichtung und flexibler Antenne; rechts: Druckinfusion.



Abb. 2 Punktionsbesteck und Zubehör. Von unten nach oben: intraarterieller Plastikkatheter, Plastiküberleitungsstück, Hohlstahlnadel, Druckaufnehmer mit Drei-Wege-Hahn-bestücktem Plastikdom, Gegenpülventil, Gummiansatz des Infusionsbestecks.



Abb. 3 Arm des Patienten mit in der Arteria brachialis liegendem Mikrokatheter, Überleitungsstück, Druckaufnehmer, Verkabelung mit Spülleitung, die zur Tragetasche (Abb. 4) führt. Zur deutlicheren Darstellung sterile Abdeckung der Punktionsstelle entfernt.

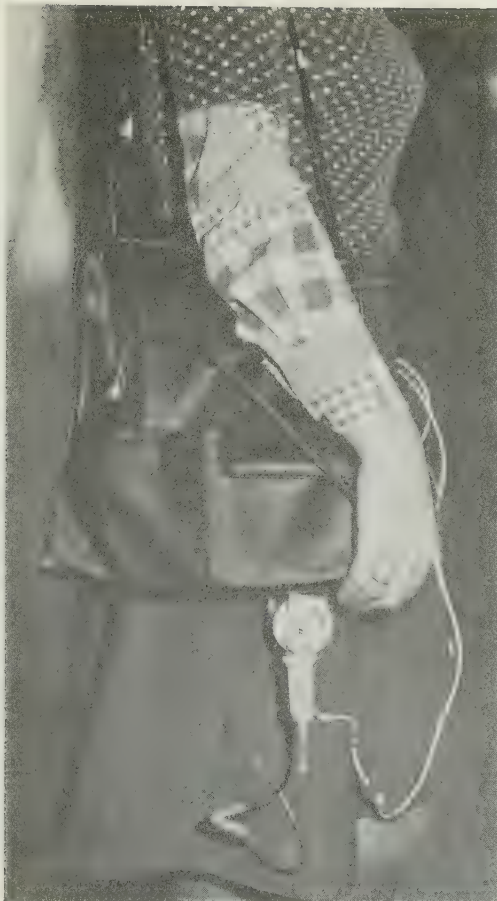


Abb. 4 Schulter-Tragetasche, bestückt mit patientenseitiger Apparatur. Die Leitung zur Druckgegenspülung wird zusammen mit der elektrischen Verkabelung nach unten herausgeführt. Links sind der Handballon zur Insufflation der Druckmanschette und die flexible Antenne (um den Tragriemen gewickelt) zu erkennen.



Abb.5 Patient beim Spaziergang im Klinikgelände. Auf dem Gebäude im Hintergrund ist die Empfangsantenne zu erkennen.

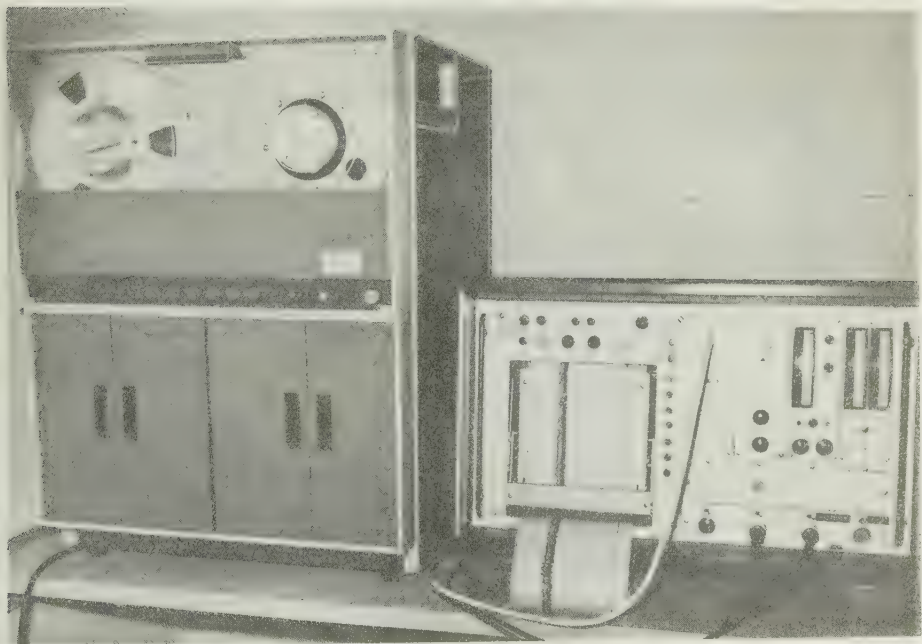


Abb. 6 Stationäre Empfangseinheit. Links das Magnetspeichergerät, rechts der eigentliche Empfänger (erkennbar das Eingangskabel von der Dachantenne) mit Vierkanal-Thermodirektschreiber, Demodulator, Pulsintegrator und Scheitelwertanzeigen für systolischen und diastolischen Druck.

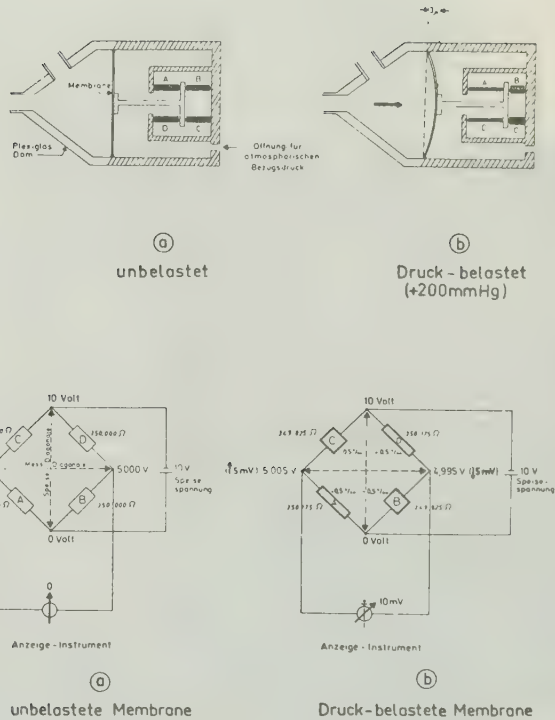


Abb. 7 Schematische Darstellung der Funktion mechano-elektrischer Druckwandler am Beispiel des STATHAM-Elementes P 23 Db (aus 53).

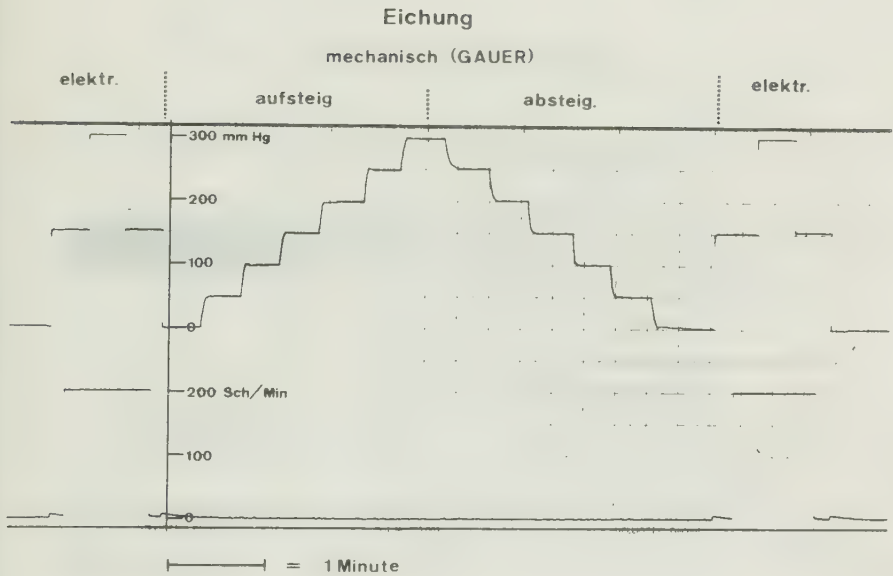


Abb. 8 Statische Eichung der anschlüßbereiten Apparatur; Blutdruck elektrisch (über geeichte Festwiderstände) bei 0, 150 und 300 mmHg, mechanisch mit dem GAUER'schen Quecksilbermanometer in 50 mmHg Abständen; Puls elektrisch bei 0 und 200 Schlägen/Min..

Magnetbandwiedergabe

Pat.: U.L., Q. 411.

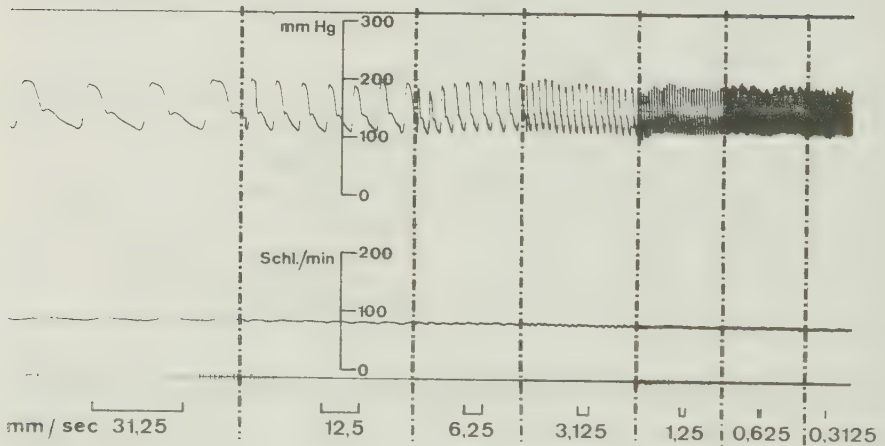


Abb. 9 Ausschnitt aus einer Originalregistrierung nach Bandwiedergabe, zur Darstellung der Möglichkeiten der Streckung und Raffung der Originalregistrierung. Eine weitere, nicht dargestellte Raffung, ist bis 0.00625 mm/sec möglich.

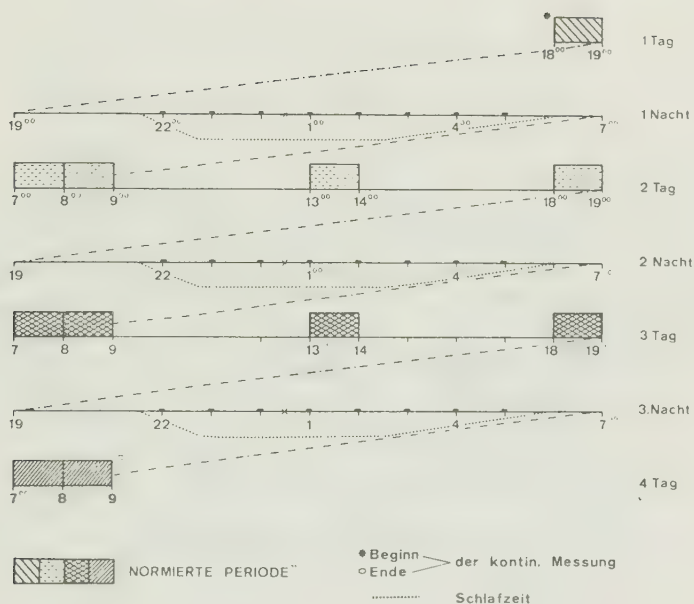


Abb. 10 Schematische Darstellung des Untersuchungsablaufes während der kontinuierlichen 63-stündigen Langzeitmessung; Nachtpphase: "Balken" symbolisieren stündliche Blutdrucke, "Kreuzchen" den niedrigsten Blutdruck im Schlaf.

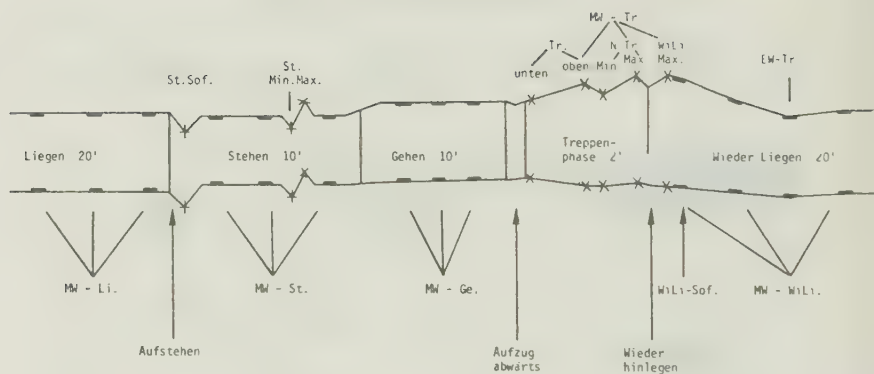


Abb. 11 Schematische Darstellung einer normierten Periode mit Angabe des Auswertungsmodus und der entsprechenden abgekürzten Bezeichnungen der einzelnen Blutdrucke; "Balken": über 1 Minute, "Kreuzchen": über drei aufeinanderfolgende Pulswellen gemittelter Werte. Weitere Erläuterungen siehe Text und Zeichenerklärung im Anhang.

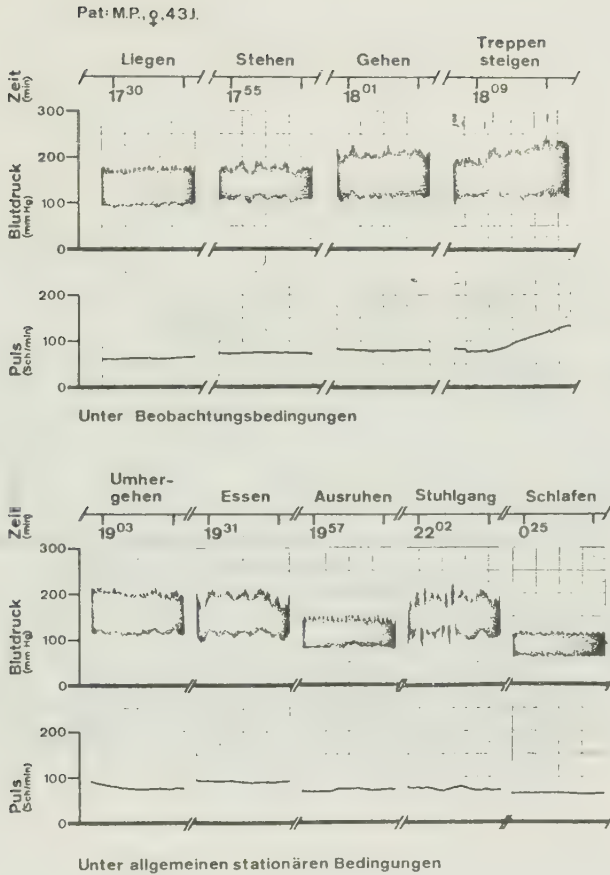


Abb. 12 Kurvenausschnitte aus einer Originalregistrierung des intraarteriellen Druckes bei einer 43-jährigen Patientin mit essentieller arterieller Hypertonie (WHO II) von jeweils 80 bis 100 sec. Dauer. Auffällig die erhebliche Blutdruckvariabilität unter alltäglichen Situationen, einmal während einer Beobachtungsphase (normierte Periode) - obere Bildhälfte - zum andern unter allgemeinen stationären Bedingungen - untere Bildhälfte.

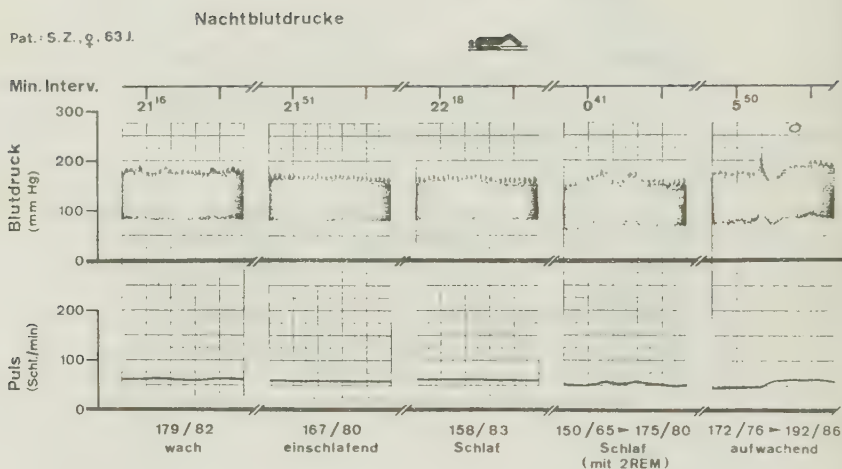


Abb. 13 Kurvenausschnitte aus einer Originalregistrierung des intraarteriellen Druckes bei einer 63-jährigen Patientin mit essentieller arterieller Hypertonie (WHO II) von jeweils 10 sec Dauer aus einer nächtlichen Messung. Der Schlaftiefe und dem Schlafcharakter sind bestimmte Kurvenbilder zuzuordnen. Beim Aufwachen steigt der Blutdruck ohne Veränderung der Körperlage um 20 mmHg systolisch und 10 mmHg diastolisch.

ESSENTIELLE HYPERTONIE

Pat.: S.Z., f., 63 J.

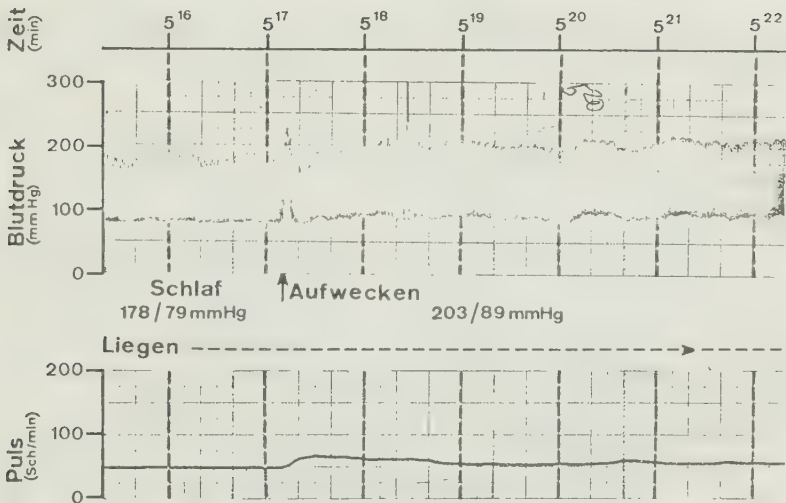


Abb. 14 Kurvenausschnitt von 7 min Dauer aus der Originalregistrierung bei der gleichen Patientin wie in Abb. 13: Aufwachphase aus einer anderen Nacht. Die charakteristische Veränderung im Kurvenverlauf ist gleich, der systolische Druckanstieg um 5 mmHg höher als in der Nacht zuvor.

Pat.: F.W., 50 J.

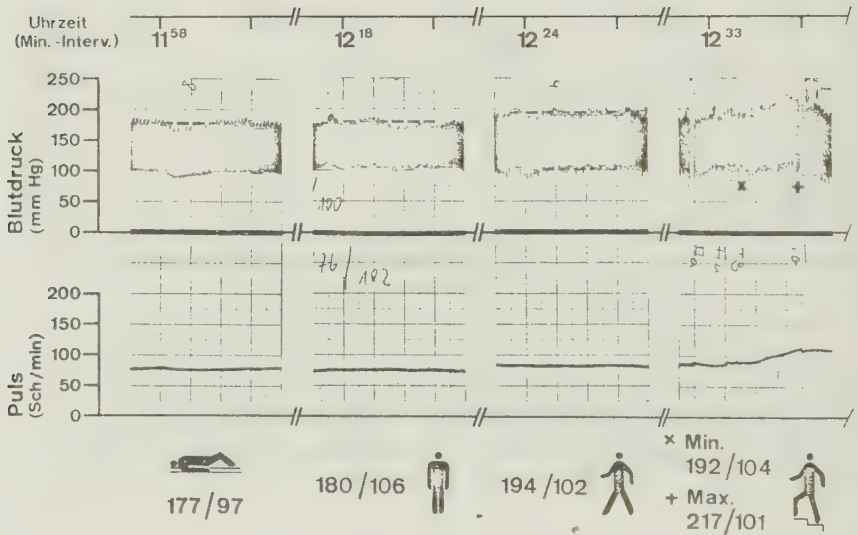


Abb. 15 Kurvenausschnitte von 100 sec Dauer aus einer Originalregistrierung zur Demonstration des Auswerteverfahrens: Die unterbrochenen Linien zeigen die geometrische Mittelung der systolischen und diastolischen Drücke über jeweils eine Minute an; während des Treppensteigens (+, x) sind die Werte aus jeweils drei konsekutiven Pulswellen gemittelt worden.

Orthostatische Dysregulation

— Tagesvariabilität —

Pat.: A.G., ♀, 62 J.

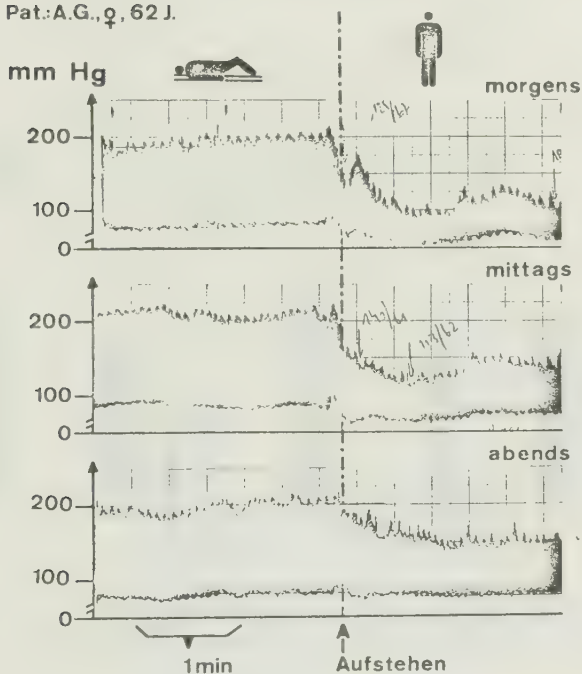


Abb. 16 Kurvenausschnitte vom Übergang Liegen zu aktiver Orthostase zu verschiedenen Tageszeiten, aus einer Originalregistrierung bei einer 62-jährigen Patientin mit essentieller Hypertonie (WHO III). Der orthostatische Blutdruckabfall wird spontan zum Abend hin geringer.

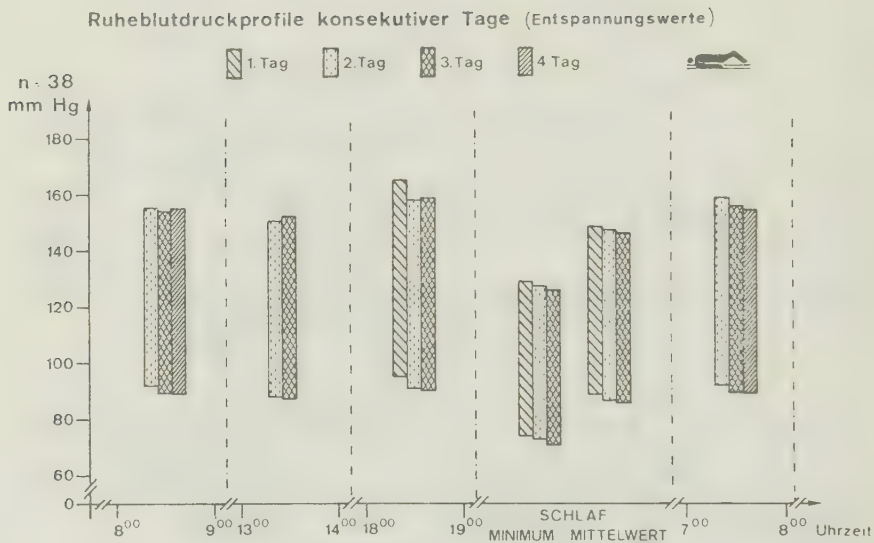


Abb. 17 Mittelwerte der Ruheblutdrucke zu verschiedenen Tageszeiten sowie im Schlaf (niedrigster und mittlerer Druck). Auftragung der Werte entsprechend dem in Abb. 10 wiedergegebenen Untersuchungsablaufs; Werteaufstellung in Tab. I

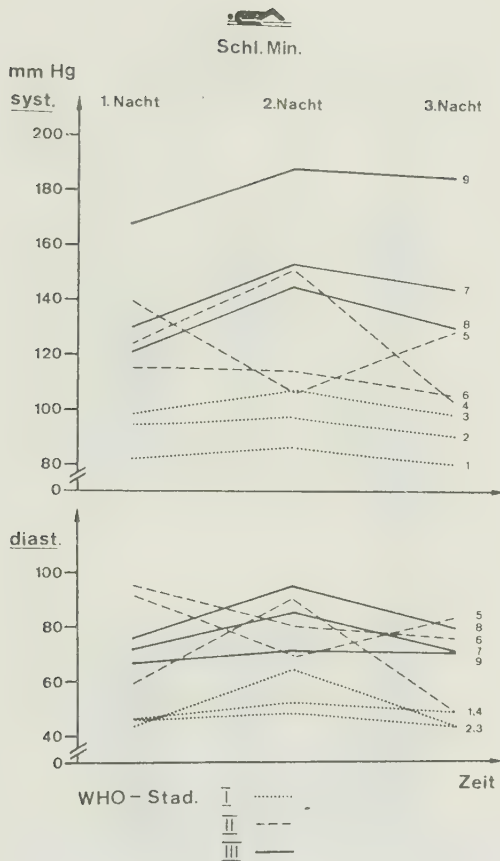


Abb. 18 Beispiele der individuellen Blutdruckvariabilität von Tag zu Tag für den jeweils niedrigsten Wert im Schlaf (Schl. Min.). Patienten:
 1 = K.Sch., mask., 53 J.; 2 = K.H., mask., 45 J.;
 3 = E.M., fem., 53 J.; 4 = P.Sch., mask., 58 J.;
 5 = J.Sch., mask., 40 J.; 6 = W.K., mask., 52 J.;
 7 = A.M., fem., 60 J.; 8 = J.K., mask., 44 J.;
 9 = A.G., fem., 62 J.;
 siehe auch Tab. I. Patienten 1 - 3: WHO-Stadium I,
 4 - 6: WHO-Stadium II, 7 - 9: WHO-Stadium III.
 Werteaufstellung in Tab. IV.

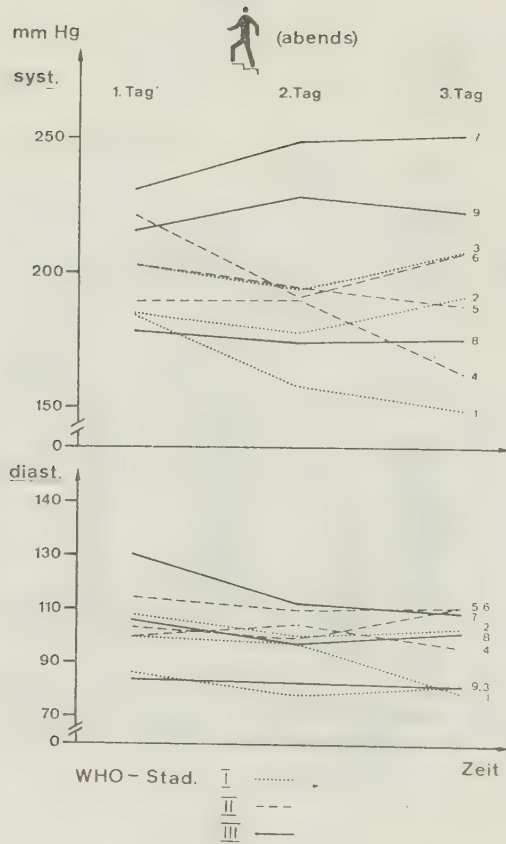


Abb. 19 Beispiele der individuellen Blutdruckvariabilität von Tag zu Tag für einen jeweils relativ hohen Wert unter alltäglicher Belastung durch Treppensteigen (MW-Tr., Meßzeitpunkt 18.00 - 19.00 Uhr). Patienten: wie Abb. 18. Werteaufstellung in Tab. IV.

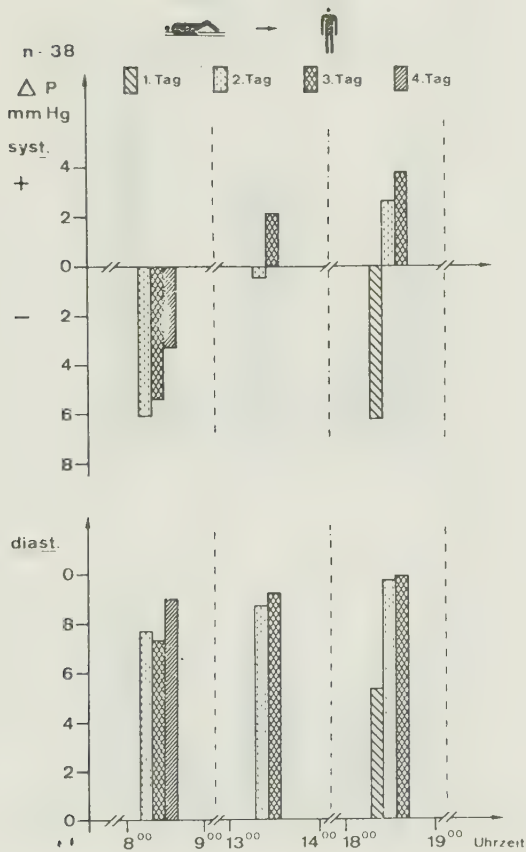


Abb. 20 Blutdruckdifferenzen zwischen Ruhewert im Liegen und anschließendem Wert unter aktiver Orthostase (MW-St. minus MW-Li.), nach drei verschiedenen Tageszeiten und getrennt nach Untersuchungstagen (Abb. 10) aufgetragen. Die auffällig negative Differenz im syst. Druck am Abend des ersten Tages (oben rechts) ist Folge des erst unmittelbar vorher begonnenen Untersuchungsprogrammes, Details siehe Text. Werteaufstellung mit Ausgangsdrucken in der Tab. VI.

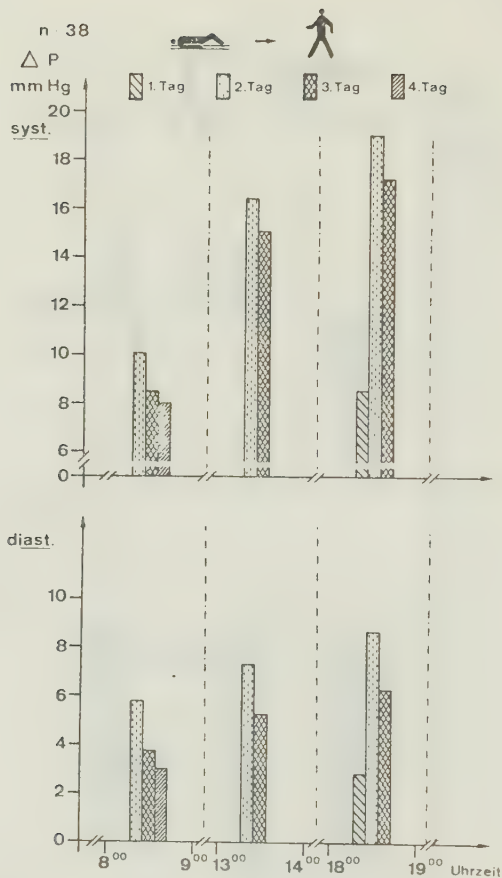


Abb. 21 Blutdruckdifferenzen zwischen Ruhewert im Liegen und anschliessendem Wert während Gehens zu ebener Erde (MW-Ge. minus MW-Li.); Details wie in Abb. 20. Die geringe Differenz am Abend des ersten Tages resultiert aus dem stark erhöhten Ruhewert im Liegen (20 mmHg über dem Mittel des 2. und 3. Abends, entsprechend Abb. 20. Werteaufstellung in der Tab. VII.

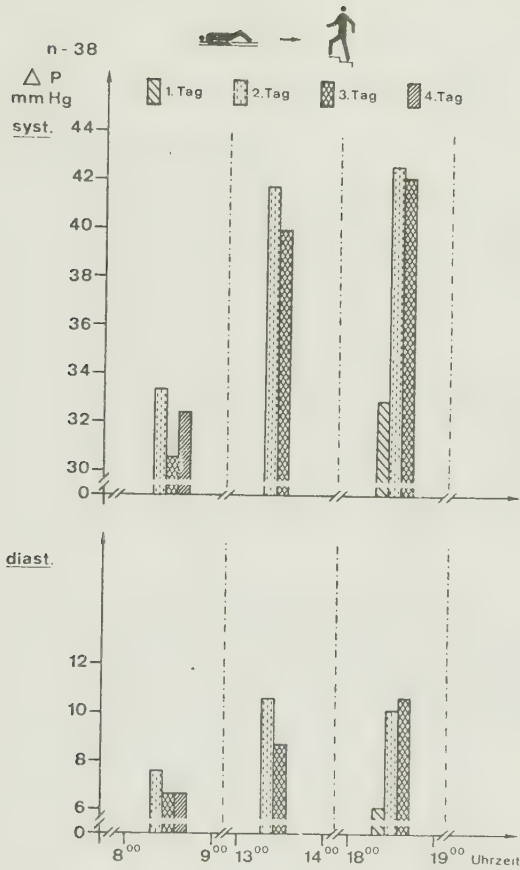


Abb. 22 Blutdruckdifferenzen zwischen Ruhewert im Liegen und anschliessendem Wert während Belastung durch Treppensteigen (MW-Tr. minus MW-Li.); Details und Besonderheiten (1. Abend) siehe Abb. 20 und Abb. 21. Wertaufstellung in der Tab. VIII.

Meinen hochverehrten Lehrern,

Herrn Professor Dr. med. H.P. Wolff, Direktor der I. Medizinischen Klinik und Poliklinik der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, und

Herrn Professor Dr. med. B. Krönig,

bin ich für die freundliche Überlassung eines Arbeitsplatzes im Blutdruck-Telemetrielabor bzw. für die Themastellung der Dissertation und für das stets fördernde Interesse bei der Durchführung der Arbeit sehr zu Dank verpflichtet.

Auch möchte ich Frau K. Tzschaschel und Frau U. Hosseus für ihre Arbeit bei der Auswertung des Zahlenmaterials und der Zusammenstellung der Tabellen vielmals danken, ebenso Frau E. Schirmer für die Photoarbeiten und Frau I. Ehrlich für die sorgfältige Reinschrift.

Lebenslauf

Als zweites Kind des Offiziers Robert Müller und seiner Ehefrau Meline, geb. Platt, wurde ich am 4. August 1946 in Biebertal/Wetzlar geboren.

Bis kurz nach meiner Einschulung 1953 in die Volksschule lebte ich in Biebertal, von 1953 bis 1956 in Koblenz, von 1956 bis 1966 in Idar-Oberstein. Hier besuchte ich ab 1957 das Staatliche Gymnasium Göttenbachschule, wo ich im Februar 1966 die Reifeprüfung ablegte.

Von Oktober 1966 bis März 1968 war ich Soldat in der Bundeswehr, aus der ich als Sanitätsoffiziersanwärter (Fahnenjunger d. Res.) ausschied.

Zum Sommersemester 1968 erfolgte die Erstimmatrikulation in der Universität Mainz als stud. rer. nat., zum Wintersemester 1968 erhielt ich die Zulassung zum Medizinstudium.

Im Februar 1970 habe ich geheiratet, Ehefrau Susanne, geb. Stephan, aus Idar-Oberstein.

Im Juni 1974 legte ich nach elf Semestern Studium in Mainz das medizinische Staatsexamen ab. Nach der Medizinalassistentenzeit (drei Monat im St. Hildegardis Krankenhaus in Mainz, neun Monate im Städtischen Krankenhaus in Kirn/Nahe) erhielt ich im August 1975 die Approbation als Arzt.

Mit meiner Doktorarbeit in der I. Medizinischen Klinik und Poliklinik der Universitätskliniken Mainz begann ich im Jahre 1973 und konnte sie nach drei Jahren abschließen.

*Seit Oktober 1975 arbeite ich als chirurgischer Assistent
im Kreiskrankenhaus Immenstadt/Allgäu, im Rahmen der Fach-
arzt Ausbildung zum Urologen.*

